



EESTI MAAÜLIKOOL
Metsandus- ja maaehitusinstituut

Viljar Veeväli

**POTENTSIAALSETE ANTAGONISTLIKE SEENTE
TESTIMINE JUUREPESSU (*HETEROBASIDION* SPP.)
TÕRJEL**

ANALYSIS OF POTENTIAL ANTAGONISTIC FUNGI TO CONTROL OF
HETEROBASIDION SPP.

Magistritöö
Metsamajanduse õppekava

Juhendajad teadur Tiia Drenkhan,
 PhD
 professor, Rein Drenkhan,
 PhD

Tartu 2021



Eesti Maaülikool		Magistritöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autor: Viljar Veeväli		Õppekava: Metsamajandus	
Pealkiri: Potentsiaalsete antagonistlike seente testimine juurepessu (<i>Heterobasidion</i> spp.) tõrjel			
Lehekülgi: 58	Jooniseid: 9	Tabeleid: 4	Lisasid: 2
<p>Osakond / Õppetool: Metsakasvatuse ja metsaökoloogia õppetool</p> <p>ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood: Metsakasvatus, metsandus, metsandustehnoloogia (B430)</p> <p>Juhendajad: teadur Tiia Drenkhan <i>PhD</i>, professor Rein Drenkhan <i>PhD</i></p> <p>Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu, 2021</p> <p>Põhjamaade okaspuu enamusega metsade üheks suurimaks probleemiks on laialdaselt levinud seenhaigus juurepess (<i>Heterobasidion</i> spp.). Juurepess põhjustab olulist puidukvaliteedi langust ning seeläbi sadadesse miljonitesse eurodesse ulatuvat majanduslikku kahju. Kõige vastuvõtlikumad juurepessule on harilik kuusk (<i>Picea abies</i> L.) ja harilik mänd (<i>Pinus sylvestris</i> L.). Käesoleval ajal on juurepessu tõrjeks laialdaselt kasutusel Soomes välja töötatud hiidkooriku (<i>Phlebiopsis gigantea</i>) eoste baasil valmistatud biopreparaat Rotstop®.</p> <p>Magistritöö eesmärgiks oli isoleerida juurepessu suhtes potentsiaalseid antagonistlikke seeni Eesti loodusest ja laboratoorsetes tingimustes neid testida ja võrrelda nende toimet biopreparaadiga Rotstop®. Kokku testiti 42 potentsiaalset antagonistlikku seent.</p> <p>Töö tulemustena leiti, et kõige kiirema kasvuga monokultuuris oli <i>Bjerkandera adusta</i> tüvi 2, millele järgnes <i>P. gigantea</i> tüvi 1. Rotstop® alusorganismi kasvust kiirema kasvuga olid <i>P. gigantea</i> tüved 1, 3, 17, <i>P. tremellosa</i> tüvi 2, <i>P. radiata</i>, <i>C. evolvens</i> tüved 1, 3, 4, <i>B. adusta</i> tüved 1, 2. Eesti hiidkooriku tüvede kasvu statistiliselt võrreldes Rotstop® kasvuga selgus, et oluliselt kiirema kasvuga 3. ja 6. päeval oli Eesti päritolu <i>P. gigantea</i> tüvi 1 (p=0.01) ja tüvi 3 (p=0.02). Hiidkooriku ja juurepessu kasvukiiruste analüüsimisel duaalkultuuris selgus, et kiirema kasvuga olid <i>P. gigantea</i> Eesti tüved 1 ja 4, mille kasv duaalkultuuris oli statistiliselt oluliselt kiirem nii kuuse- kui männi-juurepessu omast</p>			

($p < 0.05$). Ainult männi-juurepessu kasvust olid statistiliselt kiirema kasvuga *P. gigantea* Eesti tüved 3, 17, 18. Teistest testitud seeneliikidest oli statistiliselt oluliselt kiirema kasvuga võrreldes juurepessuga ($p = 0.03$) *Phlebia tremellosa* tüvi 2. Antagonistide pärssiva toime hindamisel selgus, et parimat pärssivat toimet omas *P. gigantea* Eesti tüvi 1, mis vähendas männi-juurepessu kasvu 7 korda ja kuuse-juurepessu kasvu 5 korda. Lisaks omasid veel tugevat mõju *P. gigantea* Eesti tüved 2, 3, 4, 6, mis suutsid juurepessu kasvu vähendada keskmiselt ca 3 korda. Teistest liikidest omas tugevat pärssivat mõju juurepessu vastu *C. evolvens* tüvi 3, mis vähendas männi-juurepessu kasvu 4 korda ja kuuse-juurepessu kasvu 2 korda.

Märksõnad: hiidkoorik (*Phlebiopsis gigantea*), antagonistlikud seened, biopreparaat, Rotstop®

Estonian University of Life Sciences		Abstract of Master's Thesis	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Author: Viljar Veeväli		Speciality: Forestry Management	
Title: Analysis of potential antaconsinic fungi to control of <i>Heterobasidion</i> spp.			
Pages: 58	Figures: 9	Tables: 4	Appendixes: 2
Department / Chair: Silviculture and Forest Ecology			
Field of research and (CERC S) code: Silviculture, forestry, forestry technology (B430)			
Supervisors: <i>PhD</i> Tiia Drenkhan, <i>PhD</i> Rein Drenkhan			
Place and date: Tartu 2021			
<p>One of the biggest problem in Nordic forests is the widespread fungal disease root rot (<i>Heterobasidion</i> spp.). It causes a significant decline in the quality of wood and thus economic damage amounting to hundreds of millions of euros. The most susceptible to root rot are stands of Norway spruce and Scots pine. At present, a biopreparation Rotstop® developed in Finland and based on the spores of <i>Phlebiopsis gigantea</i>, is widely used for root rot control.</p> <p>The aim of the master's thesis was to isolate potential antagonistic fungi for root rot from Estonian nature, to test them in laboratory conditions and to compare their effect with Rotstop®. A total of 42 potential antagonist fungi were tested.</p> <p>As a result, it was found that the fastest growing species in monoculture was <i>Bjerkandera adusta</i> strain 2, followed by <i>P. gigantea</i> strain 1. Faster growing than Rotstop® were <i>P. gigantea</i> strains 1, 3, 17, <i>P. tremellosa</i> strain 2, <i>P. radiata</i>, <i>C. evolvens</i> strains 1, 3, 4, <i>B. adusta</i> strains 1, 2. The statistical comparison of Estonian <i>Phlebiopsis gigantea</i> and Rotstop® revealed that on days 3 and 6, <i>P. gigantea</i> strain 1 (p=0.01) and strain 3 (p=0.02) were considerably faster growing. The analysis of <i>Heterobasidion</i> spp. and <i>Phlebiopsis gigantea</i> growth rate in dual-culture indicated that faster growing strains were <i>P. gigantea</i> Estonian strains 1 and 4, which growth rates were statistically considerably higher than of <i>H. parviporum</i> as well as <i>H. annosum</i> (p<0.05). Statistically faster growing than solely <i>H. annosum</i> were <i>P. gigantea</i> Estonian strains 3, 17, 18. Amongst other tested fungal species,</p>			

Phlebia tremellosa strain 2 was statistically considerably faster growing in comparison with *Phlebiopsis gigantea*. The analysis of the inhibitory effect of the antagonistic fungi revealed that the best inhibitory effect on *Phlebiopsis gigantea* was found in *P. gigantea* Estonian strain 1, which reduced the growth of *H. annosum* 7 times and the growth of *H. parviporum* 5 times. In addition, *P. gigantea* Estonian strains 2, 3, 4, 6 also had a strong impact on *Heterobasidion* spp., decreasing its growth rate ca 3 times. Amongst other tested fungal species a strong impact on *Heterobasidion* spp. occurred also in *C. evolvens* strain 3, which reduced the growth rate of *H. annosum* 4 times and the growth rate of *H. parviporum* 2 times.

Keywords: *Phlebiopsis gigantea*, antagonistic fungi, biopreparation, Rotstop®

SISUKORD

SISSEJUHATUS	7
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	9
1.1 Biopreparaadi olemus	9
1.2 <i>Phlebiopsis gigantea</i> toime juurepessu tõrjel.....	10
1.3 Teised potentsiaalsed seenetüved, mida on rakendatud juurepessu tõrjel.....	11
1.3.1 Tulemused teiste potentsiaalsete seenetüvedega	11
2. MATERJAL JA METOODIKA.....	13
2.1 Seenetüvede päritolu ja isoleerimine	13
2.2 Seeneliikide molekulaarne määramine	15
2.3 Potentsiaalsete antagonistide kasvukiiruse hinnangud	15
2.4 Potentsiaalsete antagonistide vastasmõju katsed juurepessuga	17
2.5 Statistiline analüüs	19
3. TULEMUSED	20
3.1 Katsetes kasutatud seenetüvede päritolu	20
3.2 Potentsiaalsete antagonistide kasvukiirus monokultuuris	22
3.3 Kuuse- ja männi-juurepessu kasvukiiruse võrdlus monokultuuris.....	25
3.4 Potentsiaalsete antagonistide vastasmõju katsed juurepessuga	27
4. ARUTELU	29
KOKKUVÕTE	33
KASUTATUD KIRJANDUS	35
LISAD	40
Lisa 1. Katseala kändude diameetrid ja mädaniku esinemine	41
Lisa 2. Duaalkultuuris mõõdetud tüvede kasv.....	43

SISSEJUHATUS

Kogu Eesti pindalast moodustab metsamaa 53,7%, millest metsaga on kaetud 49,3%. Puuliikide tagavara järgi on suurima osakaaluga esindatud harilik mänd (*Pinus sylvestris* L.), harilik kuusk (*Picea abies* L.) ja arukask (*Betula pendula* Roth) (Aastaraamat Mets, 2020). Just esimesele kahele liigile võib olulisi kahjustusi tekitada Eesti metsades levinud seenhaigus juurepess (*Heterobasidion* spp.). Eestis on levinud kaks juurepessu liiki: kuusejuurepess (*H. parviporum*) ja männi-juurepess (*H. annosum*) (Hanso, Hanso, 1999).

Juurepess suudab lisaks harilikule männile ja harilikule kuusele nakatada ka teisi puuliike (Garbelotto, Gonthier, 2013), nende hulgas on Eestis esinevatest liikidest ohustatud harilik kadakas (*Juniperus communis* L.). Arvestades asjaolu, et mänd ja kuusk on antud haiguse suhtes väga vastuvõtlikud, eriti viljakates kasvukohatüüpides, kus tagavara on suurim, on juurepessu põhjustatud puidukvaliteedi langusel selge majanduslik mõju. Euroopas on patogeenist tingitud kahju hinnatud 790 miljoni euronii aastas (Woodward *et al.*, 1998). Eestis on majandusliku kahju ulatuseks vaid kuuse enamusega puistutes esialgsete hinnangute kohaselt ca 8,5 miljonit eurot aastas (Drenkhan *et al.*, 2019).

Juurepessu ohtlikkus seisneb seenhaiguse võimes nakatada elusaid, igas vanuses puid ning edasi levida elusate kasvavate puude juurkontaktide kaudu (Hanso, Hanso, 1999). Eriti vastuvõtlikud on kuuse puhtpuistud, kus puude juured metsakoosluses on omavahel kokku kasvanud (Swedjemark, Stenlid, 1993). Ühe puu haigestumine on seega oht kõigile antud haiguse suhtes vastuvõtlikele puuliikidele. Veelgi lihtsamalt levib juurepess puistus hooldusraiate järel ning seda eelkõige vanemates kuusikutes, kus raie järel tekkivad kännud on vastuvõtlikud juurepessu nakkusele. Juurepess nakatab kände juba alates diameetrist 3 cm, olulised juurkontaktid kuuskedel tekivad alates kännu diameetrist 10 cm (Gunulf *et al.*, 2013), s.o puistu vanuses ca 15 aastat. Seega on harvendusraie käigus tekkivad kännud avatud pinnad haiguse edasiseks levikuks ning potentsiaalne oht kogu puistu tervislikule seisundile. Lisaks eelnimetatule on haigus võimeline edasi kanduma noorele metsapõlvkonnale, mis juurepessu nakkusega alale istutatakse (Aosaar *et al.*, 2020), seega

tuleks metsauuendamisel välja vahetada peapuuliik ja eelistada lehtpuu kasvatamist juurepessu nakkusega alal (Hanso, Õunap, 2016) või kujundada segapuistu.

Teadaolevalt on tõhusaim võimalus haiguse ennetamiseks ja tõrjeks biopreparaadi Rotstop® kasutamine (Berglund *et al.*, 2005). Preparaati valmistatakse puitu lagundava seene hiidkooriku (*Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich) eoste baasil, millest valmistatava vesilahusega värsked okaspuu kände töödeldakse nii harvendus- kui ka lageraie järgselt. Hiidkoorik on juurepessu suhtes antagonistliku toimega ning töötlemise järel ei ole kannud enam nii vastuvõtlikud juurepessule (Pratt *et al.*, 2000). Eestis kasutatakse biopreparaadi Rotstop® aluseks olevat hiidkooriku tüve, mis on isoleeritud Soomest (Korhonen *et al.*, 1994), kuid hiidkoorikut esineb looduslikult ka meie metsades.

Magistritöö olulisimateks eesmärkideks on: (1) isoleerida hariliku kuuse kändudel potentsiaalseid juurepessu suhtes antagonistlikke seenetüvesid; (2) võrrelda juurepessu suhtes potentsiaalsete antagonistlike seenetüvede kasvukiirust laboritingimustes; (3) hinnata duaalkultuurides potentsiaalsete antagonistide pärssivat toimet juurepessu vastu.

Eelnevat aluseks võttes püstitati magistritöös järgmised hüpoteesid: (1) Eestist isoleeritud potentsiaalsed antagonistlikud seened on juurepessu tõrjel efektiivsema või sama efektiivse toimega kui biopreparaadis Rotstop® kasutusel olev hiidkooriku tüvi; (2) Eesti päritolu hiidkooriku tüved on kiirema kasvuga kui Rotstop® alusorganismiks olev hiidkooriku tüvi.

Magistritöö on läbi viidud Riigimetsa Majandamise Keskuse projektide „Kuusikute raieaja ja raieviiside mõju patogeenide levikule ja arvukusele ning puistu elurikkusele viljakates kasvukohatüüpides“ 2016-2019, „Biotõrje efektiivsus ja antagonistlike seente kasutamine juurepessu tõrjes hariliku kuuse puistutes ning erinevate taimetüüpide nakatumine viljakates kasvukohatüüpides“ 2018-2021 ja Eesti Teadusagentuuri projekti PUTJD858 „Biotõrje rakendamine metsanduses ning viiruste mõju tõrje efektiivsusele“ 2019-2021 raames.

Töö autor avaldab tänu juhendajatele teadur Tiia Drenkhan'ile ja professor Rein Drenkhan'ile kasulike nõuannete ja asjatundliku juhendamise eest ja Ahto Agan'ile nõuannete eest statistiliste analüüside teostamisel.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1 Biopreparaadi olemus

Biopreparaat on olemuselt looduslikult eksisteeriv elusorganism, mis omab kahjurite ja patogeenide vastu negatiivset mõju. Eeliseks on see, et biopreparaat ei ole tehislikult valmistatud ning seega on mõju keskkonnale neutraalne. Puuduseks on sobiva ja ka töötava biopreparaadi väljatöötamise keerukus ja ajakulu. Biopreparaati on võimalik toota loomadest, taimedest ja mikroorganismidest, sisaldades nende saadusi või kõrvalprodukte (Kumar, 2012).

Biopreparaatide kasutamine on hea alternatiiv tugevalt saastavate kemikaalide kasutamisele. Nende kasutamise soodustamine on esile toodud ka ühe tegevuskava punktina dokumendis „Taimekaitsevahendite säästva kasutamise tegevuskava 2019-2023“ (Maaeluministeerium, 2019).

Biopreparaatide laiemat kasutuselevõttu takistavaks teguriks on nende küllaltki keerukas väljatöötamise protsess. Esmalt tuleb leida ja seejärel isoleerida sobivad elusorganismid, saadused või kõrvalproduktid, mis omavad kahjurite ja haiguste vastu negatiivset mõju. Järgnevalt tuleb testida ja võrrelda mõju laboratoorsetes tingimustes ning alles seejärel, kui potentsiaalne negatiivne mõju kahjuri/patogeeni vastu on leitud, saab biopreparaadi efektiivsust testida välitingimustes. Seetõttu ongi toimiva biopreparaadi väljatöötamine ajakulukas ja töömahukas protsess. Hoolimata eelkirjeldatust leiavad biopreparaadid põllumajanduses (O'Brien, 2017) üha laialdasemat kasutust ning metsanduses on ohtliku juurmädaniku tekitaja vastu võitlemiseks kasutusel biopreparaat Rotstop® (Korhonen *et al.*, 1994; Berglund *et al.*, 2005; Kubiak *et al.*, 2017).

1.2 *Phlebiopsis gigantea* toime juurepessu tõrjel

Hiidkoorikut (*P. gigantea*) on nüüdseks juba mitu aastakümnet kasutatud nii kuuse-juurepessu (*Heterobasidion parviporum*) kui ka männi-juurepessu (*Heterobasidion annosum*) tõrjel (Żółciak, 2017). *P. gigantea* on kandseente (*Basidiomycota*) hõimkonda mittelehikseente (*Aphyllphorales*) rühma kuuluv saprotroofne puidulagundaja (CAB International, 2019).

Hiidkoorik vähendab küll juurepessu nakkuse ulatust, kuid kui puu juured on juba täielikult juurepessuga nakatunud, ei suuda hiidkoorik juurepessu alati efektiivselt tõrjuda (Piri, 1996). Juurepess võib haigestunud kännus elujõulisena püsida üle 40 aasta, kuid hiidkoorik asendub teiste seentega 3 (männil) kuni 6 (kuusel) aasta jooksul (Vainio *et al.* 2001).

Inglismaal leiti juba 20. sajandi esimeses pooles, et *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich suudab koloniseerida harvendusraie kände, vähendades seejuures nende asustamist juurepessuga. Sellele teadmisele tuginedes hakkas inglise taimepatoloog John Rishbeth (1918-1991) oma doktoritöö raames põhjalikumalt hiidkooriku antagonistlikku mõju uurima. Läbimurdena jõudis Rishbeth 1952. aastal hiidkooriku alusel bioregulaatori valmistamiseni, mida esialgu hakati tootma õliemulsioonis, kuid 1970. aastast alates aga juba ka pulbrilise preparaadina (Hanso, Drenkhan, 2005; Wood, 1995).

Rishbethi doktoritöö tulemused avaldasid muljet Inglise metsanduskomisjonile (Forestry Comission), kellele valmistas muret Thetfordi männikutes leviv seenhaigus. Koostöös metsanduskomisjoniga viis Rishbeth läbi esimesed suuremad välikatsetused Thetfordi männimetsas Inglismaal (pindalaga üle 18 730 ha) (Forestry England, 2021; Wood, 1995).

Kuigi Rishbethi valmistatud preparaat oli väga edukas männi-juurepessu tõrjel, jäi selle toime kuuse-juurepessu tõrjel ebapiisavaks. Kaitse kuuse-juurepessu vastu töötati välja juba Soomes 1991. aastal. Soomes välja töötatud preparaat patenteeritigi Rotstop® nime all ning omab võrdset kaitset nii männi- kui kuuse-juurepessu vastu (Korhonen *et al.*, 1994).

1.3 Teised potentsiaalsed seenetüved, mida on rakendatud juurepessu tõrjel

Viimase poole sajandi jooksul on lisaks hiidkoorikule uuritud ka teisi potentsiaalseid seenetüvesid juurepessu tõrjel (Vainio, 2008). Suure osa nendest moodustavad erinevad kandseened (*Basidiomycota*), näiteks harilik suitsik (*Bjerkandera adusta*), kännupess (*Fomitopsis pinicola*), kuusekõrbik (*Gloeophyllum* spp.), suits-kollanutt (*Hypholoma* spp.), *Resinicium bicolor*, libliktagel (*Trametes versicolor*), *Sistotrema brinkmannii* (Kallio, 1971; Holdenrieder, 1984; Capretti, Mugnai, 1989; Holmer, Stenlid, 1996, 1997; Nicolotti, Varese, 1996; Nicolotti *et al.* 1999; Varese *et al.* 1999, 2003; Keizer, 2006). Lisaks on uuritud ka kottseente (*Ascomycota*) hõimkonda kuuluvaid *Trichoderma* spp. tüvesid (Rishbeth, 1963; Kallio 1971; Holdenrieder, 1984; Capretti, Mugnai, 1989; Nicolotti, Varese, 1996; Nicolotti *et al.*, 1999; Varese *et al.*, 1999, 2003; Berglund *et al.*, 2005).

Lisaks kand- ja kottseentele on uuritud ka endofüütide mõju metsapatogeenidele ja pestitsiididele. Endofüüdid on mikroorganismid, peamiselt seened ja bakterid, kelle elutsüklil toimib peremeestaimede terveid kudesid koloniseerides, isegi rakusiseselt, seejuures peremehele negatiivset mõju tekitamata (Sturz *et al.*, 2000, Bressan, Borges, 2004).

1.3.1 Tulemused teiste potentsiaalsete seenetüvedega

Seni läbi viidud uuringutest võib järeldada, et nii efektiivset toimet, kui omab hiidkoorik (*P. gigantea*) juurepessu tõrjel, ei ole teistel uuritud seeneliikidel avastatud. Seda järeldust toetavad näiteks Itaalias, Lätis ja Inglismaal saadud uuringutulemused (Nicolotti, Varese, 1996; Kenigvalde *et al.*, 2017; Rabiey *et al.* 2019).

1996. aastal Itaalias teostatud katsetega uuriti suits-kollanutti (*Hypholoma* spp.) potentsiaali juurepessu tõrjeks. Katsetes kasutati Põhja-Itaalia kuusekändudel isoleeritud *H. annosumi* ja *Hypholoma fasciculare* tüvesid. Katsed teostati laboritingimustes Petri tassidel 5°C, 10°C

ja 15°C juures, eesmärgiga simuleerida pinnase aastaaegadest tingitud temperatuuri kõikumist. Tulemusi hinnati 7 päeva möödudes 15°C juures, 14 päeva möödudes 10°C juures ning 30 päeva möödudes 5°C juures. Tulemustest selgus, et suits-kollanutt ei omanud iseseisvalt mingit tõrjuvat toimet juurepessule. Nõrgalt antagonistlikud tunnused ilmnesisid teise kandseene *Phanerochaete velutina* ' ga koostoimel (Nicolotti, Varese, 1996).

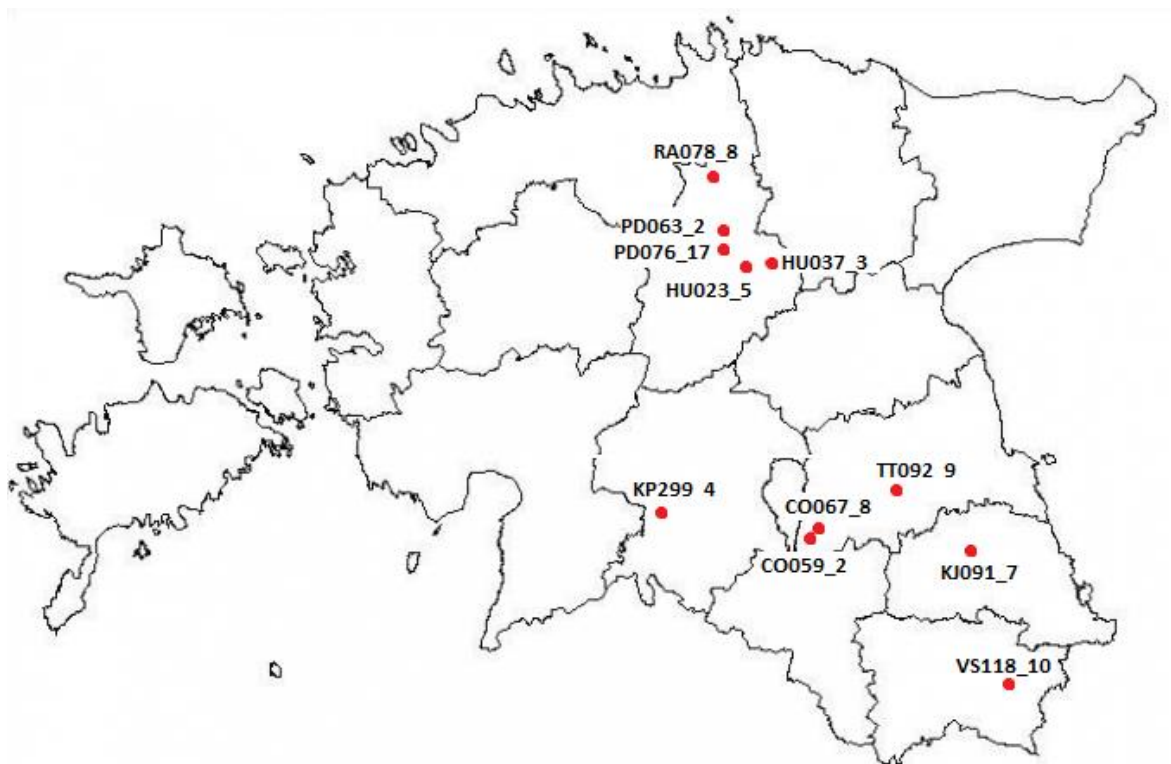
2017. aastal uuriti Lätis *Trichoderma* tüvede mõju juuremädanikuga alusmetsa kuusekändudele. Nädal pärast kuuskede raiet jagati kändud kolme gruppi, millest esimest (24 kändu) pritsiti *Trichoderma* T472 tüvega, teist (26 kändu) T945 ning kolmandat gruppi (25 kändu) ehk kontrollrühma vaid kraaniveega. Enne kändude pritsimist eemaldati kändudelt pealmine, 2 cm osa. Tulemusi analüüsiti 3 kuud ja 12 kuud pärast pritsimist. 3 kuu möödumise järgselt ei olnud katse alustamisega võrreldes muutusi märgata, küll aga oli 12 kuu möödudes juurepess märgatavalt edasi levinud ja juurepessu poolt nakatunud ala kändul oli oluliselt suurenenud nii T945 tüvega pritsitud kändudel, kui ka kontrollrühma kändudel. Ka tüvega T472 pritsitud kändudel oli märgata kasvutrendi juurepessu levikul. Seega ei andnud *Trichoderma* tüved juurepessu nakkusega kändudel patogeeni tõrjel soovitud tulemust (Kenigsvalde, Nitisa *et al.*, 2017).

Inglismaal uuriti 2019. aastal endofüütide mõju metsapatogeenidele ja pestitsiididele. Uuringutulemustest järeldus, et endofüüdid võiksid küll tulevikus potentsiaalselt olla metsapatogeenide (sh juurepessu) pärssivateks organismideks, kuid käesoleval ajal on endofüütide täpne levikumehhanism taime kudedes veel ebaselge ning laialdased edasised uuringud selles vallas on jätkuvalt vajalikud (Rabiey *et al.* 2019).

2. MATERJAL JA METOODIKA

2.1 Seenetüvede päritolu ja isoleerimine

Käesoleva magistritöö proovid koguti 8 harvendusraie- ja 3 lageraie alade kändudelt (tabel 1) Riigimetsa Majandamise Keskuse (RMK) hallatavatest hariliku kuuse enamusega puistutest Tartumaalt, Järvamaalt, Viljandimaalt, Võrumaalt, Põlvamaalt (joonis 1). Aladel mõõdeti kändude diameetrid ja hinnati visuaalselt mädaniku esinemine (lisa 1) välja arvatud aladel TT092 ja PD076, kus ei mõõdetud diameetrit. Nendel kahel alal on kõik kändud looduses märgistatud ja teada on iga kändu GPS koordinaat, mille järgi on võimalik känd uuesti üles leida ja diameeter mõõta. Aladelt CO059, CO067, HU023, HU037, KP299, PD063 ja VS118 koguti ja isoleeriti puhaskultuuri iga ala kohta 20 puiduproovi, KJ 091 koguti 121 proovi, RA 079 101 proovi, PD076 214 proovi ja TT092 271 proovi. Kokku isoleeriti 847 puiduproovi. Proovid koguti Rotstop® preparaadiga töötlemata kändudest, et oleks võimalik isoleerida looduslikult esinevaid antagonistide tüvesid. Proovide erinev hulk on tingitud asjaolust, et proovide kogumine aladelt teostati eelpool nimetatud projektide raames ning sõltus projekti eesmärkidest. Puiduproovide kogumiseks kändudelt kasutati peitlit ja haamrit. Esmalt eemaldati kändu välimiselt küljelt saastunud puidukiht ca 2cm paksuselt ning seejärel eraldati puiduklots, mis oli mõõtetega vähemalt 1cm x 1cm x 1cm. Kõik proovid koguti eraldi steriilsesse plastikkotti. Peale igit kändu desinfitseeriti töövahendeid, et vältida proovide ristsaastumist. Selleks kasutati 96% piiritust, millega pritsiti üle peitel, seejärel kuumutati töövahendeid gaasipõletiga. Proove hoiustati laboris +4 °C juures kuni isoleerimiseni, mis teostati võimalikult kiiresti peale proovide kogumist. Kogutud proovid külvati laboritingimustes 2% virde agar söötmele, mis koosnes 14g Agar Technicalist (Biolife Italiana srl, Italy) ja 20g Malt Extractist (Oxoid Limited, United Kingdom), söödet autoklaaviti 1,2 atm juures 30 minutit. Liigse bakteri ning hallituse kasvu vältimiseks lisati söötmele laminaarkapis Thiabendazol (Sigma- Aldrich, Italy), DL-Lactic acid (Sigma- Aldrich, Japan) ning steriliseeritud vee segu.



Joonis 1. Katsealade asukohad Eesti kaardil.

Tabel 1. Katsealade andmed, raieajad, proovide kogumise kuupäevad

Jrk Nr	Asukoht	Kvartal	Eraldis	Raieliik	Puistu koosseis	KKT	Peapuuliigi vanus	Raieaeg	Proovide kogumise kuupäev
1	Tartumaa	CO059	2	HR	98KU 1MA 1KS	JK	50	27.10.2017	21.11.2018
2	Tartumaa	CO067	8	HR	86KU 9KS 5MA	JK	59	30.11.2017	21.11.2018
3	Tartumaa	TT092	9	LR	100KU	JK	69	08.01.2018	11.11.2019
4	Järvamaa	HU023	5	HR	91KU 5KS 1TA 1HB 1LV 1RE	SL	34	30.11.2017	24.10.2018
5	Järvamaa	HU037	3	HR	70KU 12KS 11RE 6LV 1TA	SL	48	12.11.2017	24.10.2018
6	Järvamaa	PD063	2	HR	91KU 9KS	SL	47	19.10.2017	23.10.2018
7	Järvamaa	PD076	17	LR	79KU 15MA 6KS	SL	68	2018	07.01.2020
8	Järvamaa	RA079	8	LR	81MA 19KU	JK	111	02.02.2016	04.01.2018
9	Viljandimaa	KP299	4	HR	60KU 20KS 15MA 4LV 1LM	JK	51	30.10.2017	07.11.2018
10	Võrumaa	VS118	10	HR	93KU 3KS 2HB 2LV	JK	54	30.10.2017	20.11.2018

11	Põlvamaa	KJ091	7	HR	59KU 30MA 11KS	JK	74	04.04.2016	16.01.2017
----	----------	-------	---	----	----------------	----	----	------------	------------

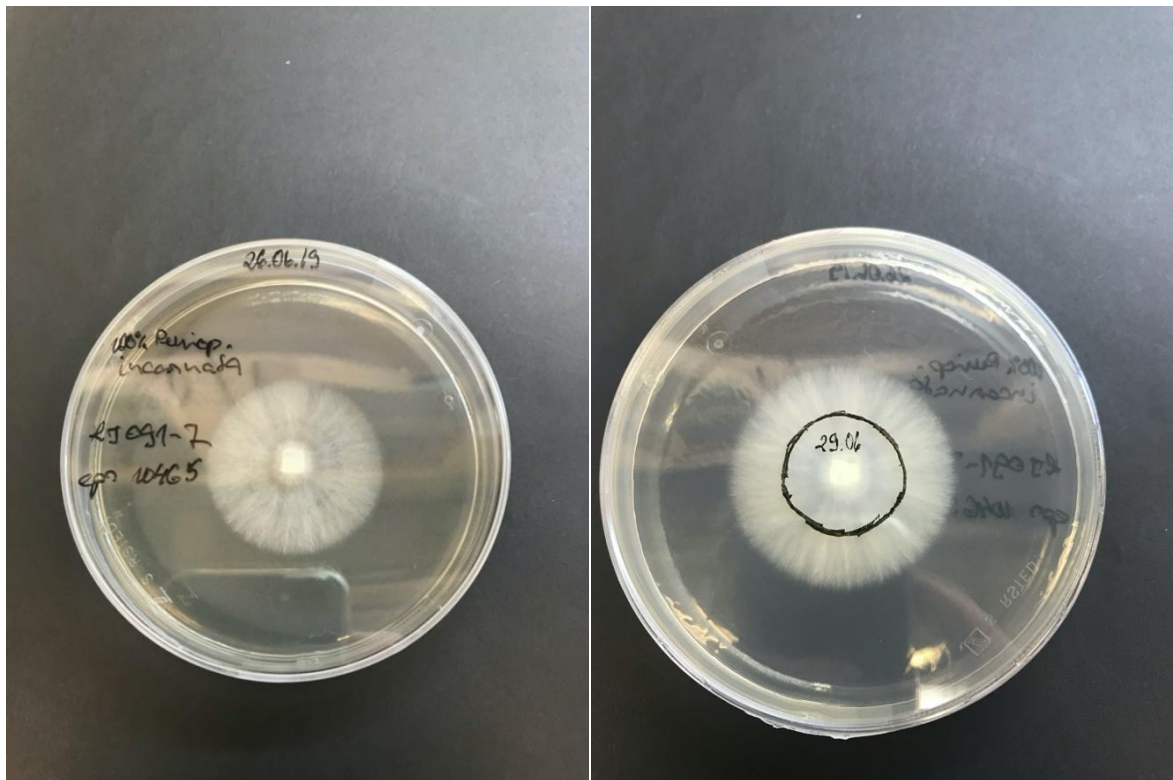
2.2 Seeneliikide molekulaarne määramine

Puhaskultuuri isoleeritud puidutükkidelt välja kasvanud seeneliigid määrati molekulaarselt DNA abil, selleks võeti puhaskultuuridest seene mütseel ja asetati 2,0 ml Eppendorf (EPS) tuubidesse. Järgnevalt lisati metallkuulid ning mütseel purustati homogenisaatoris. DNA eraldamiseks kasutati GeneJET Genomic DNA Purification Kit-i (Thermo Fisher Scientific, USA), mille puhul lähtuti tootja protokollist. PCR analüüsiks kasutati seente universaal praimereid ITS1F (Gardens, Burns 1993) ja ITS4 (White *et al.*, 1990). Reaktsiooni aluseks oli Solis BioDyne 5x HOT FIREPol Master Mix with 7,5mM MgCl₂. Seene liigi tuvastamiseks sekveneeriiti ITS regioon. Sekveneerimiseks kasutati ITS5 praimerit (White *et al.* 1990) ning sekveneerimine viidi läbi Tartu Ülikooli Eesti Geenivaramu sekveneerimise- ja genotüpiseerimise tuumiklaboris (Veeväli 2017).

2.3 Potentsiaalsete antagonistide kasvukiiruse hinnangud

Molekulaarselt määratud liikide hulgast valiti edaspidiseks katsetööks eelkõige perekond *Phlebiopsis* ja *Peniophora* liigid ning lisaks teised potentsiaalsed antagonistlikud liigid (nt. *Cylindrobasidium evolvens*, *Sistotrema brinkmannii*, *Bjerkandera adusta*) mida erinevatel aladel esines korduvalt ja isegi massiliselt. Igalt alalt valiti iga potentsiaalse antagonistliku liigi kohta üks tüvi, välja arvatud alad TT092 ja PD076, kus valiti kõik isoleeritud *Phlebiopsis* perekonna liigid. Teisi võimalikke antagoniste antud aladelt ei analüüsitud. Kokku testiti 42 erinevat potentsiaalset seenetüve (tabel 2) ning võrdluseks testiti Rotstop[®] preparaadi alusorganismi hiidkooriku tüve. Sama seeneliigi erinevad tüved tähistati numbritega, näiteks hiidkoorik (*P. gigantea*) tähistati P.g1 kuni P.g18.

Potentsiaalsete antagonistlike omadustega seenetüvede kasvukiiruse ja pindala teadasaamiseks külvati iga seenetüvi eraldi 2% virde agar söötmele. Selleks võeti värskest puhaskultuurist seenemütseeli tükk mõõtmetega ca 0,5 x 0,5 cm ning külvati uuele virde agar söötmele, iga tüve kohta tehti kolm kordust. Kasutatud kultuurid ja söötmed olid sarnase vanusega. Kasvukiirust jälgiti 9 päeva jooksul alates külvamisest (joonis 2). Pikemaajalist kasvu jälgimist ei saanud teostada, sest kiiremate tüvede puhul oli seenemütseel selleks ajaks Petri tassi täitnud kogu diameetri ulatuses. Iga 3 päeva järel märgiti tassi põhja seenemütseeli kasvu tähistav piirjoon (joonis 2), mis hiljem joonistati spetsiaalsele läbipaistvale paberile (nn. kalka paber), selleks, et hiljem oleks võimalik teostada pindala mõõtmised. Seenemütseeli pindala mõõdeti 3-päevaste intervallide järel kasutades digitaalplaneetrit Placom KP-90N (joonis 3). Iga tüve mõõtmine tehti kolmes korduses, tulemus saadi impulssides. Seejärel arvutati kolme impulsi keskmine ning teisendati see tulemus ruutsentimeetriteks (cm^2 , 1 impulss= $0,1\text{cm}^2$).



Joonis 2. Kasvukiiruse hindamiseks külvati tüved Petri tassidesse ja iga 3 päeva järel märgiti tassi põhja seenemütseeli kasvu tähistav piirjoon.

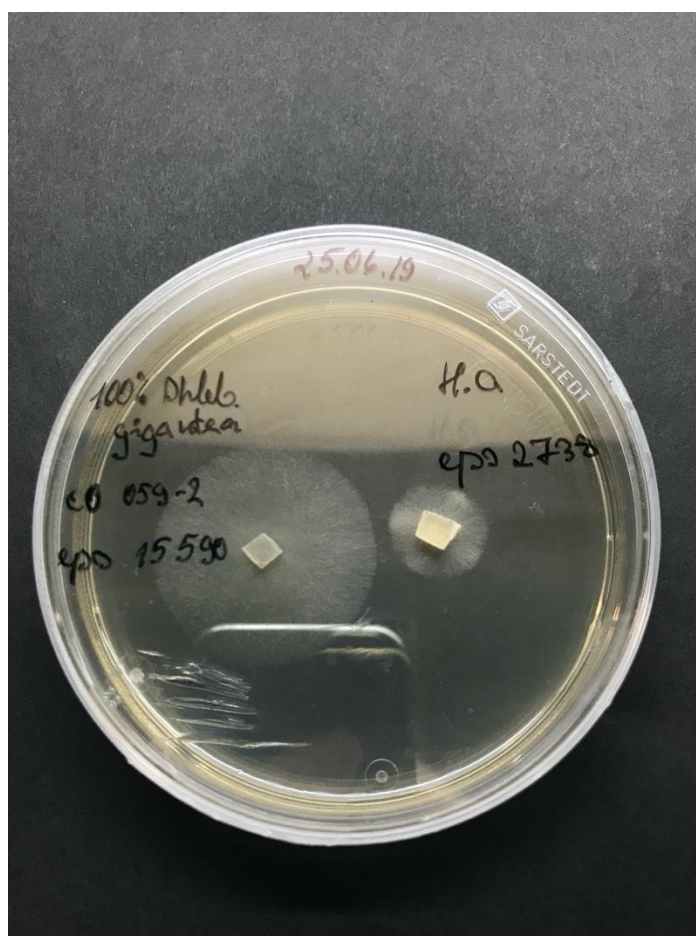


Joonis 3. Kasvukiiruse hindamiseks mõõdeti seenemütseeli kasvu tähistav pindala digitaalplaneetriga.

2.4 Potentsiaalsete antagonistide vastasmõju katsed juurepessuga

Potentsiaalsete antagonistide vastasmõju uurimiseks juurepessu suhtes valiti mõlemast liigist (kuuse-juurepess, lühend H.p. ja männi-juurepess, lühend H.a.) kolm erinevat tüve, mis märgistati H.a.1, H.a.2, H.a.3 ja H.p.1, H.p.2, H.p.3. Kokku kasutati katses kuut erinevat juurepessu tüve. Esmalt külvati kõik juurepessu tüved eraldi virde agar söötmele, et hinnata nende kasvukiirust ja mõõta pindala. Metoodiliselt järgiti sarnast protokollu nagu peatükis 2.3. Hindamaks potentsiaalsete antagonistide võimet konkureerida juurepessu tüvedega, külvati mõlemad liigid, so potentsiaalne antagonist ja juurepessu tüvi, samasse Petri tassi (nn duaalkülv). Seenetüvede külvamisel jagati Petri tass võrdselt kaheks osaks ja tassi põhja märgiti markeriga seenemütseeli inokulumi külvi asukohad (joonis 4). Kokkukülvide tegemiseks võeti puhaskultuurist seenemütseeli tükk mõõtmega ca. 0,5 x 0,5 cm. Vasakule tassi poolele külvati potentsiaalse antagonist tüvi ning paremale juurepessu tüvi. Petri tassid

märgistati vastavalt antagonisti ja juurepessu tüve nimetustega, näiteks *Phleb. gigantea* ja H.a.1 jne. Erinevate juurepessu tüvedega tehti kokkukülvid iga võimaliku antagonistliku seeneliigiga. Näiteks, hiidkooriku tüvi (P.g1) külvati kokku kõikide erinevate juurepessu tüvedega (kokku kuus külvi ühe antagonistliku seeneliigi kohta). Antagonistide vastasmõju uurimiseks juurepessu suhtes tehti kokku 252 külvi. Seenemütseelide kasvu ja arenemist jälgiti sarnaselt varasemaga (kirjeldatud peatükis 2.3) 9 päeva jooksul ning iga 3 päeva järel märgiti Petri tassile mõlema tüve kasv, mis hiljem joonistati vastavalt mõõtmise kuupäevale paberile ning mõõdeti pindala digitaalplaneetriga.



Joonis 4. Vastasmõju hindamiseks külvati tüved spetsiaalsele seenesöötmelale ning jälgiti nende kasvu.

Mina, töö autorina, panustasin välitöödel puiduproovide kogumisse. Laboritöödest tegin järgmist: isoleerisin seened steriilsetes tingimustes spetsiaalsele söötmele, seejärel teostasin DNA eraldamise, PCR analüüsid ja valmistasin proovid ette liikide täpseks tuvastamiseks (sekveneerimiseks). Sellele järgnes potentsiaalsete antagonistide tüvede külvamine puhassöötmele, kasvukiiruse mõõtmine ning andmete koondamine ja analüüs. Lisaks aitas juhendaja Tiia Drenkhan hiljem isoleeritud seene isolaatide külvamise ja jälgimisega. Laboratoorseid töid teostasin hinnanguliselt kokku 300 tundi.

2.5 Statistiline analüüs

Statistiliseks analüüsiks kasutati programme MS Excel ja RStudio, kus koondati vajalikud andmed tabelitesse ning seejärel uuriti kasvukiiruste erinevusi T-testi ja ANOVA testi abil. Vastuseid otsiti järgnevatele küsimustele: Kas potentsiaalsete antagonistide tüvede kasv duaalkultuuris on statistiliselt usaldusväärselt erinev juurepessu tüvede puhul? Kuidas erineb potentsiaalsete Eesti päritolu antagonistlike seente kasvukiirus Rotstop® biopreparaadi omast? Kas kuuse-juurepessu kasv võrrelduna männi-juurepessu kasvuga on statistiliselt erinev? Kas Eesti hiidkooriku tüvede kasv võrrelduna Rotstop® kasvuga monokultuuris on statistiliselt oluliselt erinev?

3. TULEMUSED

3.1 Katsetes kasutatud seenetüvede päritolu

Magistritöö raames testiti 42 (so ca 5% isoleeritud tüvedest) potentsiaalse juurepessu kasvu pärssiva antagonistliku seenetüve toimet ning võrdluseks kasutati Rotstop® preparaadi alusorganismi hiidkooriku tüve. Katsealadelt isoleeritud liigid, mida kasutati testimiseks pärinevad kõik hariliku kuuse kändudel ja on esitatud tabelis 2. Katsetes testitud antagonistlikud liigid kuuluvad kandseente (*Basidiomycota*) hõimkonda, *Agaricomycetes* klassi.

Tabel 2. Katses kasutatud seenliigid ja nende leiukoht

Nr	Maakond, kvartal, eraldis	EPS nr	Substraat/ puuliik	Isoleeritud liik	Eestikeelne nimi
1	Järvamaa, HU023, ER 5	15 695	KU	<i>Phlebiopsis gigantea</i> (Tüvi 6)	Hiidkoorik
2	Järvamaa, HU023, ER 5	15 496	KU	<i>Cylindrobasidium evolvens</i> (Tüvi 3)	-
3	Järvamaa, HU023, ER 5	15 491	KU	<i>Peniophora incarnata</i> (Tüvi 2)	Roosa kirmik
4	Järvamaa, HU023, ER 5	15 494	KU	<i>Sistotrema brinkmannii</i> (Tüvi 4)	-
5	Järvamaa, HU037, ER 3	15 665	KU	<i>Sistotrema brinkmannii</i> (Tüvi 5)	-
6	Järvamaa, HU037, ER 3	15 667	KU	<i>Phlebiopsis gigantea</i> (Tüvi 2)	Hiidkoorik
7	Järvamaa, HU037, ER 3	15 658	KU	<i>Peniophora incarnata</i> (Tüvi 7)	Roosa kirmik
8	Järvamaa, PD063, ER 2	15 419	KU	<i>Phlebiopsis gigantea</i> (Tüvi 3)	Hiidkoorik
9	Järvamaa, PD063, ER 2	15 902	KU	<i>Sistotrema brinkmannii</i> (Tüvi 3)	-
10	Järvamaa, PD076, ER 17	24 664	KU	<i>Phlebiopsis gigantea</i> (Tüvi 18)	Hiidkoorik
11	Järvamaa, PD076, ER 17	24 677	KU	<i>Phlebiopsis gigantea</i> (Tüvi 17)	Hiidkoorik
12	Järvamaa, PD076, ER 17	24 666	KU	<i>Phlebiopsis gigantea</i> (Tüvi 12)	Hiidkoorik
13	Järvamaa, RA 079, ER 8	14 351	KU	<i>Phlebia</i> sp.	-
14	Järvamaa, RA 079, ER 8	13 949	KU	<i>Phlebiopsis gigantea</i> (Tüvi 4)	Hiidkoorik

15	Järvamaa, RA 079, ER 8	14 171	KU	<i>Phlebia radiata</i>	Radiaalvammik
16	Järvamaa, RA 079, ER 8	10 507	KU	<i>Phlebia tremellosa</i> (Tüvi 1)	Kännuvammik
17	Järvamaa, RA 079, ER 8	14 306	KU	<i>Bjerkandera adusta</i> (Tüvi 1)	Harilik suitsik
18	Järvamaa, RA 079, ER 8	14 168	KU	<i>Cylindrobasidium evolvens</i> (Tüvi 4)	-
19	Järvamaa, RA 079, ER 8	14 279	KU	<i>Peniophora incarnata</i> (Tüvi 3)	Roosa kirmik
20	Järvamaa, RA 079, ER 8	14 170	KU	<i>Sistotrema brinkmannii</i> (Tüvi 1)	-
21	Pölvamaa, KJ091, ER 7	10 465	KU	<i>Peniophora incarnata</i> (Tüvi 6)	Roosa kirmik
22	Tartumaa, CO059, ER 2	15 590	KU	<i>Phlebiopsis gigantea</i> (Tüvi 1)	Hiidkoorik
23	Tartumaa, CO067, ER 8	15 765	KU	<i>Phlebiopsis gigantea</i> (Tüvi 7)	Hiidkoorik
24	Tartumaa, CO067, ER 8	15 764	KU	<i>Peniophora incarnata</i> (Tüvi 5)	Roosa kirmik
25	Tartumaa, CO067, ER 8	15 763	KU	<i>Sistotrema brinkmannii</i> (Tüvi 2)	-
26	Tartumaa, TT092, ER 9	21 680	KU	<i>Phlebia tremellosa</i> (Tüvi 3)	Kännuvammik
27	Tartumaa, TT092, ER 9	21 042	KU	<i>Phlebiopsis gigantea</i> (Tüvi 16)	Hiidkoorik
28	Tartumaa, TT092, ER 9	21 031	KU	<i>Phlebiopsis gigantea</i> (Tüvi 15)	Hiidkoorik
29	Tartumaa, TT092, ER 9	21 041	KU	<i>Phlebiopsis gigantea</i> (Tüvi 14)	Hiidkoorik
30	Tartumaa, TT092, ER 9	20 948	KU	<i>Phlebiopsis gigantea</i> (Tüvi 13)	Hiidkoorik
31	Tartumaa, TT092, ER 9	21 673	KU	<i>Phlebia tremellosa</i> (Tüvi 2)	Kännuvammik
32	Tartumaa, TT092, ER 9	21 039	KU	<i>Phlebiopsis gigantea</i> (Tüvi 11)	Hiidkoorik
33	Tartumaa, TT092, ER 9	20 949	KU	<i>Phlebiopsis gigantea</i> (Tüvi 10)	Hiidkoorik
34	Tartumaa, TT092, ER 9	21 046	KU	<i>Phlebiopsis gigantea</i> (Tüvi 9)	Hiidkoorik
35	Tartumaa, TT092, ER 9	21 043	KU	<i>Phanerochaete livescens</i>	-
36	Tartumaa, TT092, ER 9	20 947	KU	<i>Phlebiopsis gigantea</i> (Tüvi 8)	Hiidkoorik
37	Viljandimaa, KP299, ER 4	15 732	KU	<i>Bjerkandera adusta</i> (Tüvi 2)	Harilik suitsik
38	Viljandimaa, KP299, ER 4	15 731	KU	<i>Peniophora incarnata</i> (Tüvi 4)	Roosa kirmik
39	Viljandimaa, KP299, ER 4	15 727	KU	<i>Cylindrobasidium evolvens</i> (Tüvi 2)	-
40	Viljandimaa, VS118, ER10	15 892	KU	<i>Cylindrobasidium evolvens</i> (Tüvi 1)	-
41	Viljandimaa, VS118, ER10	15 889	KU	<i>Phlebiopsis gigantea</i> (Tüvi 5)	Hiidkoorik
42	Viljandimaa, VS118, ER10	15 893	KU	<i>Peniophora incarnata</i> (Tüvi 1)	Roosa kirmik

3.2 Potentsiaalsete antagonistide kasvukiirus monokultuuris

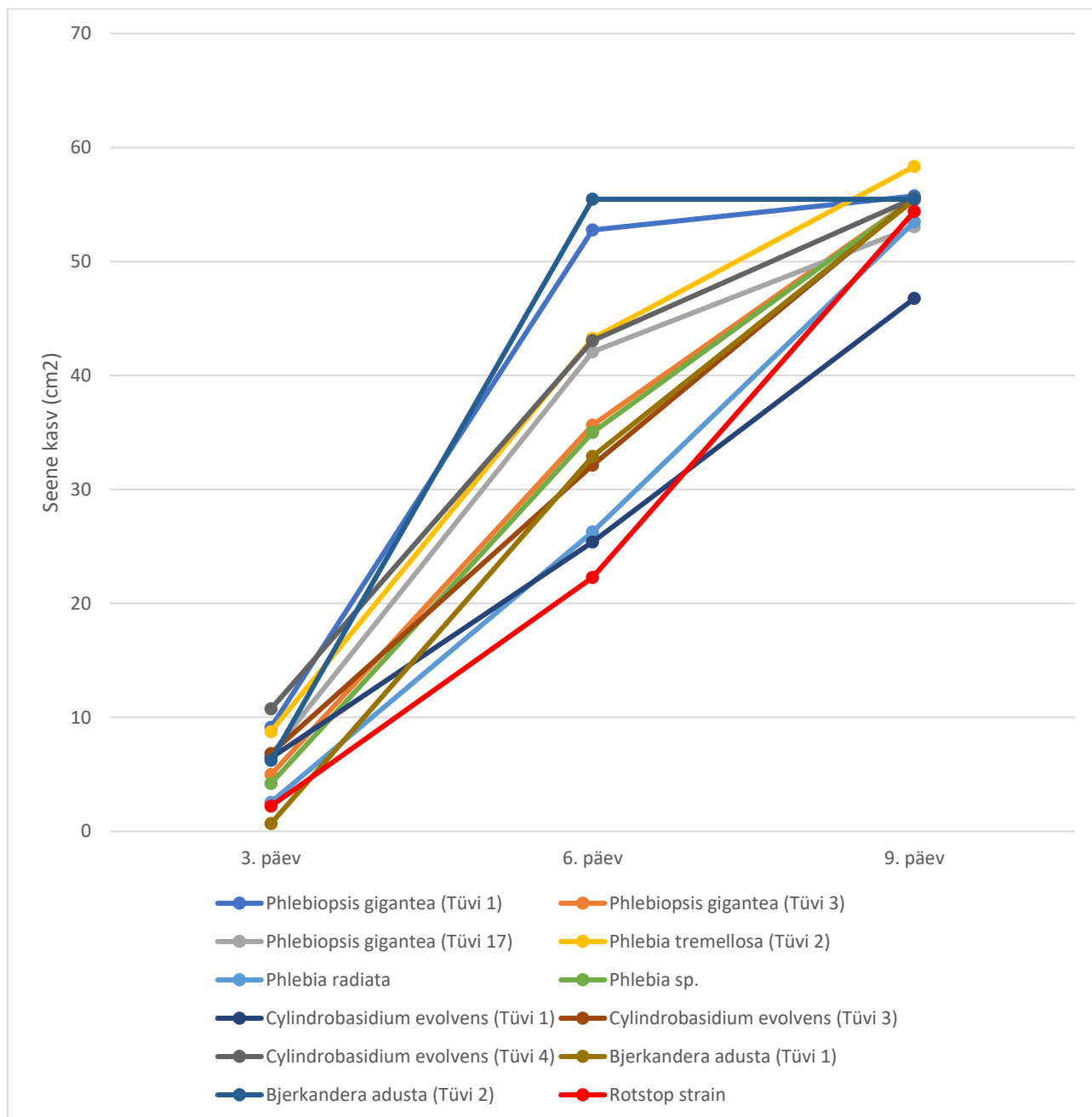
Potentsiaalsete antagonistide kasvu analüüsides selgus, et kõige kiiremini kasvasid monokultuuris *Phlebiopsis gigantea*, *Cylindrobasidiom evolvens*, *Bjerkandera adusta*, *Phlebia radiata*, *Phlebia* sp. liikide erinevad tüved. *Peniophora incarnata* ja *Sistotrema brinkmannii* tüvede kasv oli aeglane ja jäi alla nii Rotstop® alusorganismi kui ka *Heteropasidion* spp. tüvede kasvule. Kõigi tüvede puhaskultuuris kasvanud seened erinevatel mõõtmisperioodidel on esitatud tabelis 3. Mõõtmistulemusi analüüsides selgus, et kõige kiirema kasvuga oli *Bjerkandera adusta* tüvi 2 (15732), millele järgnes *P. gigantea* tüvi 1 (15590). Rotstop® alusorganismi kasvust kiirema kasvuga olid *P. gigantea* tüved 1 (15590), 3 (15419), 17 (24677), *P. tremellosa* tüvi 2 (21680), *P. radiata* (14171), *C. evolvens* tüved 1 (15892), 3 (15496), 4 (14168), *B. adusta* tüved 1 (14306), 2 (15732) (joonis 5).

Selleks, et välja selgitada, kas Eesti hiidkooriku tüvede kasv võrrelduna Rotstop® kasvuga on oluliselt erinev, võrreldi iga hiidkooriku tüve kasvu Rotstop® kasvuga puhaskultuuris igas mõõtmispunktis eraldi. Statistiliselt oluliselt kiirema kasvuga ($p < 0.05$) 3. ja 6. päeval oli Eesti päritolu *P. gigantea* tüvi 1 (15590) ($p = 0.01$) ja tüvi 3 (15419) ($p = 0.02$) võrrelduna Rotstop® tüvega. 9. päeval statistiliselt olulist erinevust ei tuvastatud, aga seda selgitab asjaolu, et selleks ajaks olid tüved saavutanud Petri tassi maksimaalse pindala, mille piires kasvu mõõdeti. Teiste tüvede puhul statistiliselt olulist erinevust seene mütseeli kasvus tõestada ei olnud võimalik, sest kasv oli sama kiire või aeglasem kui Rotstop® alusorganismi kasv või eksisteeris erinevus ainult ühel mõõtmisajal.

Tabel 3. Seenetüvede pindalad monokultuuris Petri tassil erinevatel mõõtmisperioodidel

Kvartal, eraldis	EPS nr	Liik	3. päev (cm ²)	6. päev (cm ²)	9. päev (cm ²)
CO059_2	15590	<i>Phlebiopsis gigantea</i> (Tüvi 1)	9,12	52,77	55,76
HU037_3	15667	<i>Phlebiopsis gigantea</i> (Tüvi 2)	2,42	25,06	55,58
PD063_2	15419	<i>Phlebiopsis gigantea</i> (Tüvi 3)	4,98	35,64	55,52
RA079_8	13949	<i>Phlebiopsis gigantea</i> (Tüvi 4)	3,98	27,54	55,44
VS118_10	15889	<i>Phlebiopsis gigantea</i> (Tüvi 5)	2,37	25,93	55,46
HU023_5	15695	<i>Phlebiopsis gigantea</i> (Tüvi 6)	2,98	20,81	55,43
CO067_8	15765	<i>Phlebiopsis gigantea</i> (Tüvi 7)	1,59	25,47	55,46
TT092_9	20947	<i>Phlebiopsis gigantea</i> (Tüvi 8)	3,72	21,15	38,48

TT092_9	21046	<i>Phlebiopsis gigantea</i> (Tüvi 9)	1,35	3,03	5,87
TT092_9	20949	<i>Phlebiopsis gigantea</i> (Tüvi 10)	3,57	19,58	32,42
TT092_9	21039	<i>Phlebiopsis gigantea</i> (Tüvi 11)	3,37	12,38	28,07
PD076_17	24666	<i>Phlebiopsis gigantea</i> (Tüvi 12)	2,10	21,85	52,47
TT092_9	20948	<i>Phlebiopsis gigantea</i> (Tüvi 13)	1,10	30,72	56,18
TT092_9	21041	<i>Phlebiopsis gigantea</i> (Tüvi 14)	1,73	3,98	6,93
TT092_9	21031	<i>Phlebiopsis gigantea</i> (Tüvi 15)	3,75	12,93	28,32
TT092_9	21042	<i>Phlebiopsis gigantea</i> (Tüvi 16)	1,23	15,12	48,15
PD076_17	24677	<i>Phlebiopsis gigantea</i> (Tüvi 17)	6,73	42,08	53,05
PD076_17	24664	<i>Phlebiopsis gigantea</i> (Tüvi 18)	3,43	29,92	52,37
RA079_8	10507	<i>Phlebia tremellosa</i> (Tüvi 1)	2,47	16,94	54,90
TT092_9	21673	<i>Phlebia tremellosa</i> (Tüvi 2)	8,75	43,25	58,35
TT092_9	21680	<i>Phlebia tremellosa</i> (Tüvi 3)	1,03	12,45	42,20
RA079_8	14171	<i>Phlebia radiata</i>	2,56	26,27	53,48
RA079_8	14351	<i>Phlebia</i> sp.	4,20	35,00	55,50
VS118_10	15893	<i>Peniophora incarnata</i> (Tüvi 1)	2,79	15,46	40,32
HU023_5	15491	<i>Peniophora incarnata</i> (Tüvi 2)	3,30	13,59	34,44
RA079_8	14279	<i>Peniophora incarnata</i> (Tüvi 3)	2,89	14,16	34,12
KP299_4	15731	<i>Peniophora incarnata</i> (Tüvi 4)	3,28	16,47	40,56
CO067_8	15764	<i>Peniophora incarnata</i> (Tüvi 5)	2,12	15,26	38,90
KJ091_7	10465	<i>Peniophora incarnata</i> (Tüvi 6)	2,91	17,51	34,30
HU037_3	15658	<i>Peniophora incarnata</i> (Tüvi 7)	0,69	11,23	30,94
RA079_8	14170	<i>Sistotrema brinkmannii</i> (Tüvi 1)	0,00	0,00	0,00
CO067_8	15763	<i>Sistotrema brinkmannii</i> (Tüvi 2)	0,29	4,88	15,69
PD063_2	15902	<i>Sistotrema brinkmannii</i> (Tüvi 3)	4,66	14,26	26,26
HU023_5	15494	<i>Sistotrema brinkmannii</i> (Tüvi 4)	1,92	12,90	32,74
HU037_3	15665	<i>Sistotrema brinkmannii</i> (Tüvi 5)	1,10	8,21	25,23
VS118_10	15892	<i>Cylindrobasidium evolvens</i> (Tüvi 1)	6,44	25,38	46,76
KP299_4	15727	<i>Cylindrobasidium evolvens</i> (Tüvi 2)	0,80	2,12	6,08
HU023_5	15496	<i>Cylindrobasidium evolvens</i> (Tüvi 3)	6,82	32,13	55,54
RA079_8	14168	<i>Cylindrobasidium evolvens</i> (Tüvi 4)	10,74	43,06	55,56
RA079_8	14306	<i>Bjerkandera adusta</i> (Tüvi 1)	0,68	32,90	55,42
KP299_4	15732	<i>Bjerkandera adusta</i> (Tüvi 2)	6,23	55,47	55,47
TT092_9	21043	<i>Phanerochaete livescens</i>	4,33	6,90	13,92
		Rotstop	2,21	22,28	54,40



Joonis 5. Rotstop® tüvega võrreldes monokultuurina Petri tassis kasvavad potentsiaalsed antagonistlikud seened.

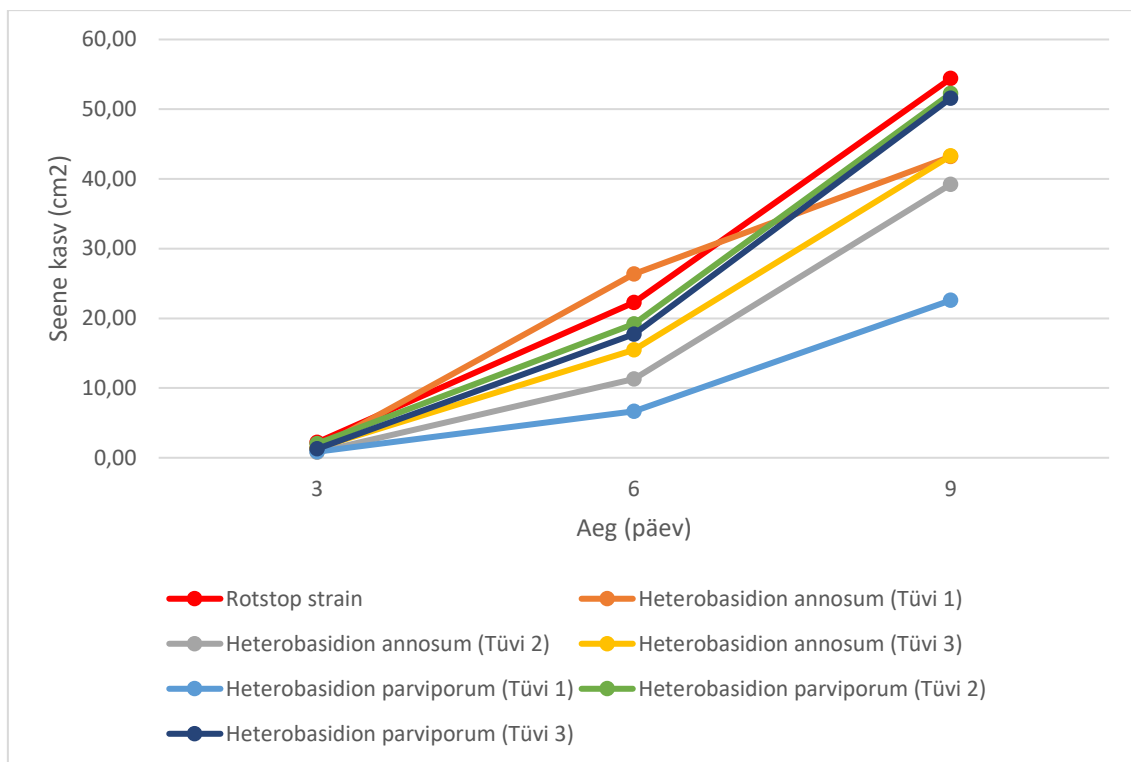
3.3 Kuuse- ja männi-juurepessu kasvukiiruse võrdlus monokultuuris

Juurepessu tüvede kasvu võrreldes selgus, et need olid aeglasema kasvuga kui Rotstop® tüvi. Kolmandal ja kuuendal päeval näitas Rotstop®-st kiiremat kasvu männi-juurepessu tüvi 1, aga edasi kuni 9 päevani juurepessu kasv aeglustus (joonis 6). Juurepessu tüvede kasv erinevatel mõõtmisperioodidel on esitatud tabelis 4.

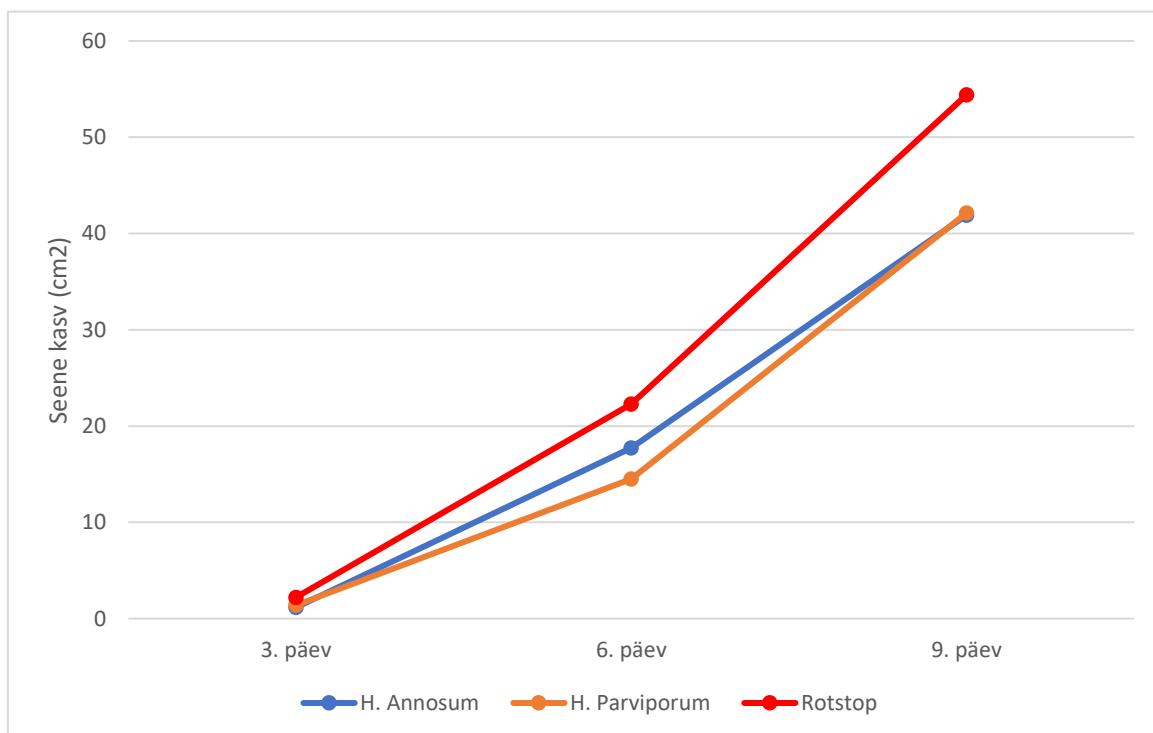
Kuuse- ja männi-juurepessu tüvede omavahelise kasvukiiruse võrdlemisel selgus, et kasv puhaskultuuris ei olnud statistiliselt oluliselt erinev. Joonisel 7 on kujutatud kuuse- ja männi-juurepessu kolme tüve aritmeetilist keskmist kasvu erinevatel päevadel.

Tabel 4. Juurepessu liikide monokultuuri kasv erinevatel mõõtmisperioodidel

EPS nr	Liik	3. päev (cm ²)	6. päev (cm ²)	9. päev (cm ²)
2702	<i>Heterobasidion annosum</i> (Tüvi 1)	1,29	26,38	43,20
2738	<i>Heterobasidion annosum</i> (Tüvi 2)	0,80	11,29	39,22
2428	<i>Heterobasidion annosum</i> (Tüvi 3)	1,40	15,47	43,31
15371	<i>Heterobasidion parviporum</i> (Tüvi 1)	0,87	6,66	22,58
10493	<i>Heterobasidion parviporum</i> (Tüvi 2)	2,02	19,18	52,24
11716	<i>Heterobasidion parviporum</i> (Tüvi 3)	1,28	17,71	51,57



Joonis 6. Juurepessu liikide monokultuuri kasvu võrdlus Rotstop® kasvuga.



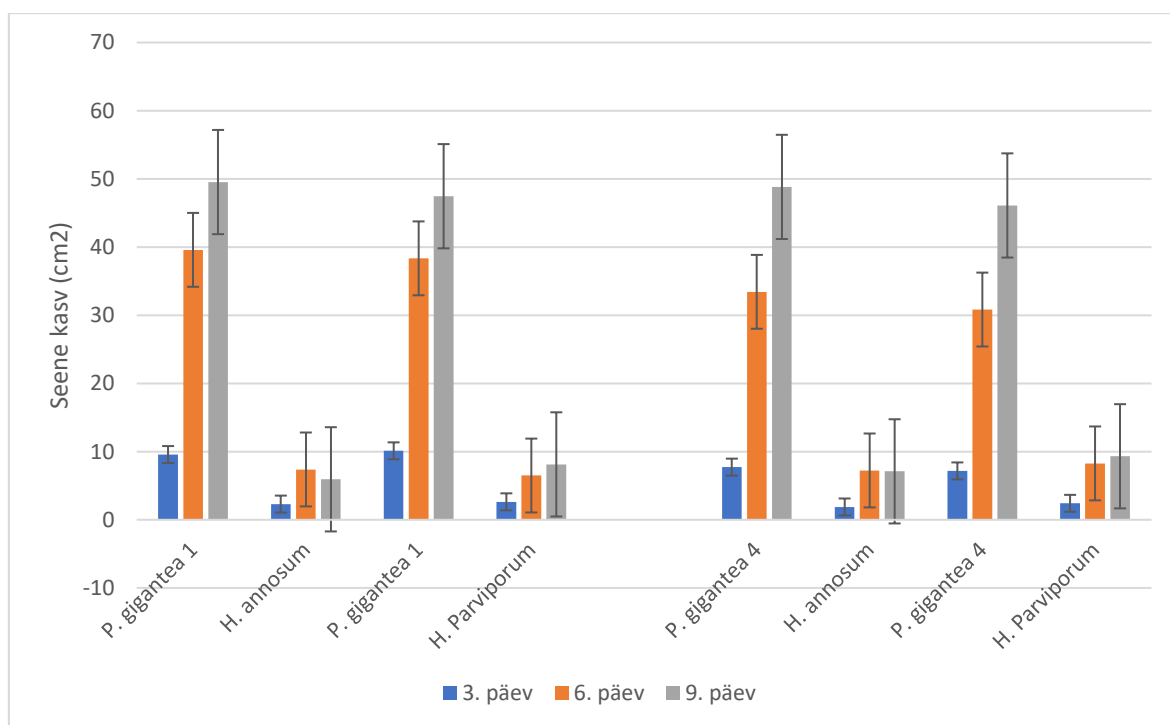
Joonis 7. Juurepessu liikide ja Rotstop® tüve kasvu võrdlus monokultuuris.

3.4 Potentsiaalsete antagonistide vastasmõju katsed juurepessuga

Vastasmõju hindamiseks võeti kuuse- ja männi-juurepessu mõõtmiste keskmine tulemus ja võrreldi neid igas mõõtmispunkti potentsiaalse antagonistide tüvega kasutades selleks T- testi.

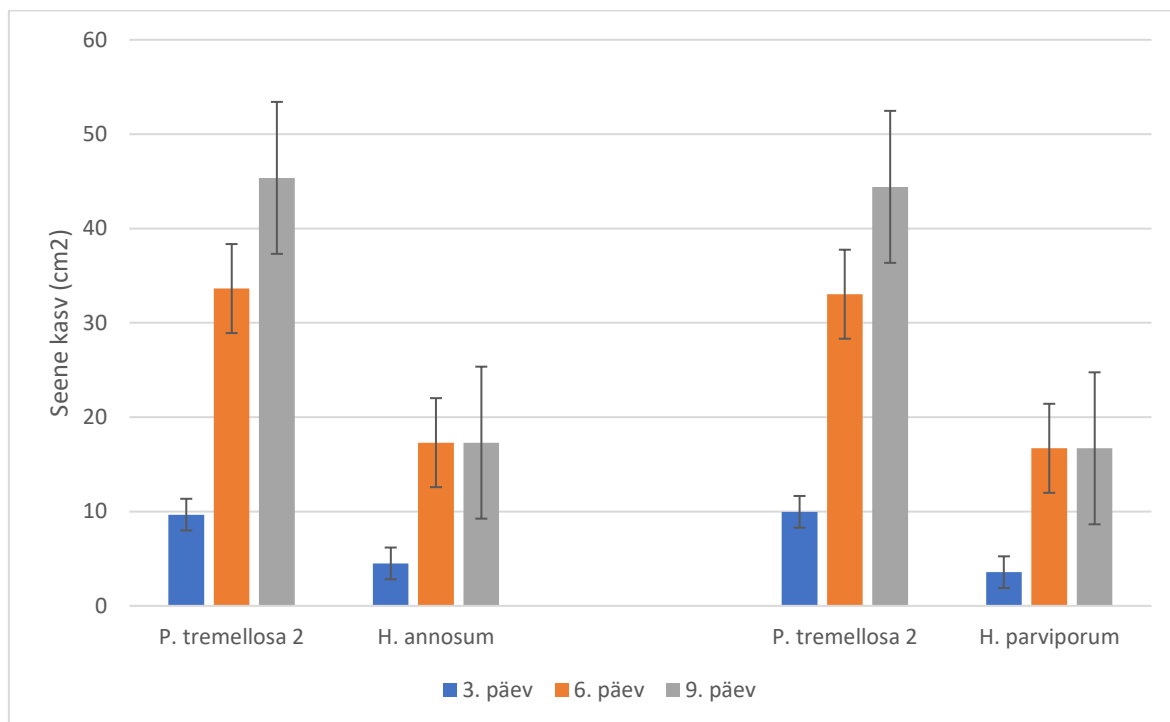
Hiidkooriku ja juurepessu kasvukiiruste analüüsimisel selgus, et kiirema kasvuga olid *P. gigantea* Eesti tüved 1 (15590) ja 4 (13949) (joonis 8), mille kasv duaalkultuuris oli statistiliselt oluliselt kiirem nii *H. annosum* kui *H. parviporum* omast ($p < 0.05$). *H. parviporum* kasvust olid statistiliselt kiirema kasvuga *P. gigantea* Eesti tüved 3 (15419), 17 (24677), 18 (24664).

Peniophora incarnata tüvedest ükski ei olnud *Heterobasidion* spp. liikide kasvukiirusest statistiliselt oluliselt erinev ($p = 0.4$) ja kasv oli juurepessu tüvedega võrreldes sarnane.



Joonis 8. *Phlebiopsis gigantea* Eesti tüvi 1, 4 ja *Heterobasidion* liikide kasvukiiruse võrdlus duaalkultuuris.

Teistest testitud seeneliikidest oli statistiliselt oluliselt kiirema kasvuga võrreldes juurepessuga ($p=0.03$) *Phlebia tremellosa* tüvi 2 (21673) (joonis 9).



Joonis 9. *Phlebia tremellosa* tüvi 2 ja *Heterobasidion* spp. liikide kasvukiiruse võrdlus dualkultuuris.

Juurepessu pärssiva toime hindamiseks võrreldi dualkultuuris kasvanud juurepessu liikide pindalasid monokultuuris kasvanud juurepessu pindaladega. Efektiivsemat pärssivat toimet omas *P. gigantea* Eesti tüvi 1, mis määni-juurepessu kasvu vähendas 7 korda ja kuuse-juurepessu kasvu 5 korda. Lisaks omasid veel tugevat mõju *P. gigantea* Eesti tüved 2, 3, 4, 6 mis suutsid juurepessu kasvu vähendada keskmiselt ca 3 korda. Teistest liikidest omas tugevat pärssivat mõju määni-juurepessu vastu *C. evolvens* tüvi 3, mis vähendas määni-juurepessu kasvu 4 korda ja kuuse-juurepessu kasvu 2 korda. Biopreparaat Rotstop® pärssiv toime juurepessu suhtes võrreldes monokultuuris kasvanud tüvedega vähendas juurepessu liikide kasvu 2 korda.

4. ARUTELU

Magistritöö raames testiti 42 potentsiaalset juurepessu kasvu pärssiva antagonistliku seenetüve toimet ning võrdluseks kasutati Rotstop® preparaadi alusorganismi hiidkooriku tüve. Tüved pärinevad 8 harvendusraie- ja 3 lageraie alalt üle Eesti. Magistritöö eesmärgiks oli isoleerida hariliku kuuse kändudel potentsiaalseid juurepessu suhtes antagonistlikke seeneliike. Juurepessu suhtes antagonistliku seenetüve leidmine Eesti loodusest võimaldaks välja töötada kohaliku biopreparaadi juurepessuga võitlemiseks, mis võib olla sama tõhus või isegi tõhusam kui hetkel kasutusel olev Rotstop®. Näiteks on Rootsis 2005 aastal läbi viidud uuringud näidanud, et sealsest loodusest isoleeritud *P. gigantea* tüved olid efektiivsema toimega võrreldes Rotstop preparaadiga ja suutsid ka kändu kõige kiiremini asustada. Seejuures leiti, et Soome päritolu Rotstop® preparaat ei suutnud märkimisväärselt vähendada kändude nakatumist juurepessu. Siiski oli kändu pind, mis oli nakatunud juurepessu, Rotstop® kasutamise korral, kordades väiksem võrreldes kontrollkatsega, kus ei kasutatud tõrjevahendit (Berglund *et al.*, 2005).

Käesoleva magistritöö käigus võrreldi juurepessu suhtes potentsiaalsete antagonistlike seenetüvede kasvukiirust laboritingimustes ja hinnati duaalkultuurides potentsiaalsete antagonistide kasvu pärssivat toimet juurepessu vastu.

Soomes (Sun *et al.*, 2008) on uuritud hiidkooriku erinevaid omadusi eesmärgiga leida olulisim ning hinnata hiidkooriku potentsiaali juurepessu tõrjel. Katsete käigus uuriti hariliku kuuse kändudel isoleeritud *P. gigantea* tüvede eoste moodustamise võimekust, kasvukiirust ning võimet pärssida juurepessu arenemist. Testid viidi läbi nii labori- kui ka välitingimustes. Töö tulemustest selgus, et oluline omadus, mida peaks juurepessu-vastase toime hindamisel jälgima, on kasvukiirus. Mida suurema kasvukiirusega hiidkooriku tüvi on, seda olulisemat efekti omab see juurepessu tõrjel. Samuti on tähtis seene eoste hulk (Sun, *et al.*, 2008). Käesolevas töös analüüsiti esmalt seente kasvu eraldi monokultuuris ning selgus, et kõige kiirema kasvuga 6. päeval oli *B. adusta* tüvi 2, millele järgnes *P. gigantea* tüvi 1 (tabel 2). Statistiliselt oluliselt kiirem kasv oli Eesti päritolu hiidkooriku

tüvedel 1 (15590) ja 3 (15419) 3. ja 6. päeval võrreldes Rotstop® kasvuga. Keskmiselt oli *P. gigantea* tüvi 1 kasv 1,5 ja tüvi 3 kasv 1,2 korda kiirem Rotstop® kasvust. Seega leidsid mõlemat hüpoteesid kinnitust, et Eestist isoleeritud hiidkooriku tüved on kiirema kasvuga kui biopreparaadi Rotstop® aluseks olev hiidkooriku tüvi. Isoleeritud tüvede eoste hulka käesoleva töö käigus ei mõõdetud, seda on plaanis teha edaspidi ning analüüsida valitud tüvede eoste moodustamise võimet.

Eesti päritolu hiidkooriku tüvede kasvu võrdlemisel juurepessu liikidega duaalkultuuris selgus, et statistiliselt olulisemalt kiirema kasvuga olid tüvi 1 (15590) ja tüvi 4 (13949), mille kasv oli kiirem nii männi- kui ka kuuse-juurepessu omast. Võrreldes kuuse-juurepessuga olid statistiliselt kiirema kasvuga Eesti päritolu hiidkooriku tüved 3 (15419), 17 (24677), 18 (24664). Teistest testitud seene liikide tüvedest oli statistiliselt oluliselt kiirema kasvuga männi- ja kuuse-juurepessust vaid *P. tremellosa* tüvi 2 (21673). Teadaolevalt varem seda seene liiki juurepessu tõrjel testitud ei ole.

Hiidkooriku kiiret kasvu ja juurepessu pärssivat toimet on tõestanud ka Poolas läbi viidud uuring (Żółciak, 2017). Katsetes kasutati kolme kohalikku päritolu hiidkooriku tüve ning kolme juurepessu tüve, hinnati nende kasvukiirust nii monokultuuris kui ka duaalkultuuris. Proove inkubeeriti 24°C juures pimedas keskkonnas, misjärel selgus, et hiidkooriku tüved omasid kiiret kasvu ning täitsid Petri tassi 5.-6. päeval. Juurepessu isolaadid täitsid Petri tassi 10-14 päeva jooksul. Duaalkultuure hinnati 5. ja 10. päeval ning selle tulemusel oli näha, et hiidkooriku erinevad tüved kasvasid juurepessu omadest kiiremini ning puhaskultuuris kasvasid hiidkoorikud juurepessust üle. Katse omas positiivset tulemust ja tõestas, et hiidkooriku tüved on kiire kasvuga ning on suutelised tõrjuma juurepessu kasvu (Żółciak, 2017). Magistritöö raames leiti, et juurepessu suhtes efektiivseimat pärssivat toimet omas hiidkooriku Eesti tüvi 1, mis vähendades juurepessu kasvu keskmiselt 6 korda. Lisaks omasid tugevat antagonistlikku mõju hiidkooriku Eesti tüved 2, 3, 4, 6 mis suutsid juurepessu kasvu vähendada keskmiselt ca 3 korda (lisa 2). Teistest liikidest omas tugevat pärssivat mõju männi-juurepessu vastu *C. evolvens* tüvi 3. Biopreparaat Rotstop® suutis keskmiselt vähendada juurepessu kasvu 2 korda.

Käesoleva magistritöö edasiarendusena tuleks parimat kasvu ja antagonistlikku mõju näidanud tüvesid testida puiduklotsidel, mida nakatatakse juurepessuga ja võrrelda esialgu laborikeskkonnas antagonistide pärssivat mõju juurepessu kasvule.

Mitmed uuringud (Zaluma *et al.*, 2019; Brūna *et al.*, 2021) on näidanud hiidkooriku tüvede efektiivsust puiduklotsidel juurepessu tõrjel ning on täheldatud erinevust võrreldes seente kasvukiiruse testidega Petri tassis. Eestis on varem (enne käesoleva magistritöö jaoks proovide kogumist) isoleeritud hiidkooriku ja Soome päritolu preparaadi Rotstop® toimet puiduklotsidel testitud (Drenkhan *et al.*, 2008) ja leitud, et mõlemad tüved asustasid efektiivselt kuuse- ja männiklotsid. Välitingimustes testiti kuuse- ja männi kändudel vaid Rotstop® preparaati ning leiti, et preparaadi efektiivsus on männi kändudel kõrgem (keskmine hiidkooriku poolt asustatud pindala 113,3 cm²) võrreldes kuuse kändudega (keskmine pindala 75,2cm²) (Drenkhan *et al.*, 2008). Kenigvalde *et al.* (2017) teostas katse kuuse- ja männikändudel, mille käigus jagati ketaste pinnad neljaks sektoriks. Kolm sektorit pritsiti võrdselt kohaliku hiidkooriku tüvega kui ka Rotstop® biopreparaadi suspensiooniga, üks sektor jäeti kontrolliks. Üks tund hiljem pritsiti kõik neli sektorit juurepessu eoseid sisaldava suspensiooniga, tegevust korrati tunni möödudes sektoritel kaks ja kolm ning sellest omakorda tund hiljem korrati tegevust sektoril kolm. Neli kuuse- ja männiketast kaeti kangaga ning inkubeeriti 17/18°C juures 3-4 nädalat. Tulemustest selgus, et hiidkooriku efektiivsus ei vähenenud juurepessu kontsentratsiooni suurenedes. Uuringu tulemustest selgus ka, et kohalikud Läti tüved ja Rotstop® preparaadi aluseks olev hiidkooriku tüvi omasid kuuskedel võrdset tõrje efektiivsust (89-90%), kuid mändide puhul olid kohalikud tüved efektiivsema toimega (84% vs Rotstop® 61%) (Kenigvalde *et al.* 2017). Rootsisis tehtud uuringud (Berglund *et al.*, 2005) on samuti näidanud, et kohalikku päritolu hiidkooriku tüved on juurepessu tõrjel hariliku kuuse kändudel efektiivsema toimega võrreldes Rotstop® preparaadiga.

Üheks potentsiaalseks edasiseks uuringusuunaks on hiidkooriku juurepessu tõrje efektiivsuse suurendamine nn teadliku valiku teel. Soomes tehtud uuringu (Sun *et al.*, 2009) tulemuste põhjal hariliku kuuse kändudel leiti, et hiidkooriku tüved, mis olid saadud algse (loodusest) isoleeritud tüve ümberkülvamisel labori tingimustes, omasid efektiivsemat juurepessu-vastast toimet, kui nende vanem-isolaadid. Lisaks selgus, et järelkasv-isolaatide suurem antagonistlik toime võrrelduna vanem-isolaatidega oli seda märkimisväärssem, mida kõrgem oli juurepessu kontsentratsioon (Sun, *et al.*, 2009).

Käesoleva magistritöö eesmärk oli isoleerida juurepessu suhtes potentsiaalseid antagonistlikke seeni Eesti loodusest, testida neid laboratoorsetes tingimustes ning võrrelda nende toimet biopreparaadiga Rotstop®. Antagonistlikud seenetüved isoleeriti hariliku kuuse

kändudelt. Tulevikus on eesmärgiks efektiivsemate tüvede edasised katsed, et tõhustada juurepessu tõrjet just hariliku kuuse puhul.

KOKKUVÕTE

Lõputöö koostamiseks analüüsiti proove, mis koguti 8 harvendusraie- ja 3 lageraie alade kändudelt Riigimetsa Majandamise Keskuse (RMK) hallatavatest hariliku kuuse enamusega puistutest üle Eesti. Kokku isoleeriti 847 puiduproovi. Puhaskultuuri isoleeritud puidutükkidelt välja kasvanud seeneliigid määrati molekulaarselt DNA abil. Molekulaarselt määratud liikide hulgast valiti käesoleva töö katsesse juurepessu suhtes antagonistliku toime väljaselgitamiseks eelkõige perekondade *Phlebiopsis*, *Peniophora*, *Phlebia* liigid ning lisaks *Cylindrobasidium evolvens*, *Sistotrema brinkmannii*, *Bjerkandera adusta*. Kokku valiti testi 42 tüve ning võrdluseks kasutati Rotstop® preparaadi alusorganismi hiidkooriku tüve. Esmalt võrreldi potentsiaalsete antagonistide tüvede kasvukiirust üksikult monokultuuris. Selleks külvati iga seenetüvi eraldi virde agar söötmele. Kasvukiirust jälgiti 9 päeva jooksul alates külvamisest ja iga 3 päeva järel mõõdeti seene kasvu puhaskultuuris. Potentsiaalsete antagonistide vastasmõju uurimiseks juurepessu suhtes külvati potentsiaalne antagonist ja juurepessu tüvi samasse Petri tassi. Katses kasutati kokku kuut erinevat juurepessu tüve ning iga potentsiaalne antagonist külvati seega kokku iga juurepessu tüvega. Kasvu jälgiti sarnaselt eelneva katsega iga 3 päeva järel ja kokku 9 päeva.

Potentsiaalsete antagonistide kasvu monokultuuris mõõtes selgus, et Rotstop® alusorganismi kasvust kiirema kasvuga olid *P. gigantea* tüved: 1, 2, 3, 4, 5, 7, 13, 17, 18, *C. evolvens* tüved 1, 3, 4, *B. adusta* tüved 1 ja 2, *P. radiata*, *Phlebia* sp. liikide erinevad tüved. *P. incarnata* ja *S. brinkmannii* tüvede kasv oli aeglane ja jäi alla Rotstop® alusorganismi ja *Heterobasidion* spp. tüvede kasvule. Kõige kiirema kasvuga oli 6-ndal päeval *B. adusta* tüvi 2, millele järgnes *P. gigantea* tüvi 1. Statistiliselt oluliselt kiirema kasvuga oli Eesti päritolu *P. gigantea* tüvi 1 ja tüvi 3 võrrelduna Rotstop® tüvega.

Duaalkultuurides oli juurepessu kasvu pärssiv mõju kõige efektiivsem *P. gigantea* Eesti tüvedel 1, 2, 3, 4, 6. Teistest liikidest omas tugevat pärssivat mõju männi-juurepessu vastu *C. evolvens* tüvi 3.

Antud tööst saadud tulemustest lähtudes tuleks edasistes juurepessu katsetes testida Eesti *P.*

gigantea tüvesid 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 13, 17, 18, *C. evolvens* tüvesid 1, 3, 4, *B. adusta* tüvesid 1 ja 2, *P. radiata*, *Phlebia* sp.

KASUTATUD KIRJANDUS

Aastaraamat Mets 2019. (2020). Tartu. Keskkonnaagentuur. 78 lk.

Aosaar, J; Drenkhan, T; Adamson, K; Aun, K; Becker, H; Buht, M; Drenkhan, R; Fjodorov, M; Jürimaa, K; Morozov, G; Pihlak, L; Piiskop, K; Riit, T; Varik, M; Väär, R; Uri, M; Uri, V. (2020). The effect of stump harvesting on tree growth and the infection of root rot in young Norway spruce stands in hemiboreal Estonia. *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT*, 475: 118425. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118425>

Berglund, M., Rönnerberg, J., Holmer, L., & Stenlid, J. (2005). Comparison of five strains of *phlebiopsis gigantea* and two *trichoderma* formulations for treatment against natural heterobasidion spore infections on norway spruce stumps. *Scandinavian Journal of Forest Research*. Vol. 20, No. 1, pp. 12-17. doi: 10.1080/02827580510008202.

Bressan, W., Borges, M., T. (2004). Delivery methods for introducing endophytic bacteria into maize. *BioControl*. Vol. 49, pp. 315-322. doi: 10.1023/B:BICO.0000025372.51658.93.

Brūna, L., Klavina, D., Zaluma, A., Kenigšvalde, K., Burneviča, N., Nikolajeva, V., Gaitinieks, T., Piri, T. (2021). Efficacy of *Phlebiopsis gigantea* against *Heterobasidion conidiospore* and basidiospore infection in spruce wood. *iForest*, 13, 369-375.

CAB International. (2019). *Phlebiopsis gigantea*. *Invasive Species Commendum*. [veebileht] <https://www.cabi.org/isc/datasheet/40272> (12.05.2021).

Capretti, P., Mugnai, L. (1989). In vitro tests of antagonism against *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. *Phytopathologia Mediterranea*, Vol. 28, No. 2, pp. 150-154. <http://www.jstor.org/stable/42685693>, viimati alla laetud 18.05.2021.

Drenkhan, T., Hanso, S., Hanso, M. (2008). Effect of the Stump Treatment with *Phlebiopsis gigantea* against *Heterobasidion* Root Rot in Estonia, 14 (1), lk 16-25.

Drenkhan, R., Tedersoo, L., Adamson, K. et al. (2019). RMK lepinguline projekt 2016 - 2019: Kuusikute raieaja ja raieviiside mõju patogeenide levikule ja arvukusele ning puistu elurikkusele

viljakates kasvukohatüüpides. Tartu: Eesti Maaülikooli metsandus- ja maaehitusinstituut, <https://mi.emu.ee/userfiles/instituudid/mi/MI/Projektid/Metsapatoloogia/RMK%20aruanne%20Kuusikute%20kahjud%20ja%20elustik.pdf> (12.05.2021).

Forestry England. Thetford Forest. [veebileht] <https://www.forestryengland.uk/thetford-forest> (07.05.2021).

Gunulf, A., Wang, L., Englund, J., & Rönnerberg, J. (2013). Secondary spread of *Heterobasidion parviporum* from small Norway spruce stumps to adjacent trees. *Forest Ecology and Management*, Vol. 287, pp. 1-8. doi: 10.1016/j.foreco.2012.09.011.

Hanso, M., Drenkhan, T. (2005). Seenega seene vastu. - *Eesti Loodus*. Nr 1, lk 16-19.

Hanso, M., Hanso, S. (1999). Andmeid juuremädanike tekitajate kohta Eesti metsades, - *Metsanduslikud uurimused XXXI*, 31, lk 141-161.

Hanso, M., Õunap, H. (2016). Olulisemad metsakahjustused ja nende vältimine. Tartu: SA Erametsakeskus, 44 lk.

Holdenrieder, O. (1984). Investigations on biological control of *Heterobasidion annosum* in Norway spruce (*Picea abies*) with antagonistic fungi. II Interaction experiments in wood. *European Journal of Forest Pathology*, Vol. 14, No. 3, pp. 137-153. doi: 10.1111/j.1439-0329.1984.tb00938.x.

Holmer L., Stenlid, J. (1996). Diffuse competition for heterogeneous substrate in soil among wood decomposing basidiomycetes. *Oecologia*, Vol. 106, pp. 531-538. doi: 10.1007/BF00329712.

Holmer L., Stenlid, J. (1997). *Resinicium bicolor*, a potential biological control agent for *Heterobasidion annosum*. *European Journal of Forest Pathology*, Vol. 27, No. 3, pp. 159-172. doi: 10.1111/j.1439-0329.1997.tb00857.x.

Kallio, T. (1971). Protection of spruce stumps against *Fomes annosus* (Fr.) Cooke by some wood-inhabiting fungi. *Acta Forestalia Fennica*, No. 117, pp. 1-20. doi: 10.14214/aff.7551.

Keizer, G., J. (2006). Seente entsoklüpeedia. Tallinn: Sinisukk. 288 lk.

Kenigvalde, K., Brauners, I., Zaluma, A., Jansons, J., Gaitnieks, T., (2017). Biological protection of conifers against *Heterobasidion* infection – interaction between root-rot fungus and *Phlebiopsis gigantea*. *Research for rural development*, Vol 1, pp 69-75. doi: 10.22616/rrd.23.2017.010.

Kenigšvalde, K., Nitisa, D., Saulite, D., Korhonen, K., Nikolajeva, V., Klavina, D., Bruna, L., Gaitnieks, T., Vulfa, L. (2017). Impact of *Trichoderma sp.* on the development of *Heterobasidion annosum* in decayed understory *Picea abies* stumps. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences*, section B, Vol. 71, No. 1/2 (706/707), pp. 52–56. doi: 10.1515/prolas-2017-0009.

Korhonen, K., Piri, T. (1994). The main hosts and distribution of the S and P groups of *Heterobasidion annosum* in Finland. In: Johansson, M., Stenlid, J. (eds.). *Proceedings of the Eight International Conference on Root and Butt Rots*, pp. 260-267.

Kubiak, K., Damszel, M., Sikora, K., Przemieniecki, S., Malecka, M., Sierota, Z. (2017). Colonization of Fungi and Bacteria in Stumps and Roots of Scots Pine after Thinning and Treatment with Rotstop. *Journal of Phytopathology*, 165, 141-156.

Kumar, S. (2012). Biopesticides: A need for food and environmental safety. *Journal of Biofertilizers & Biopesticides*, Vol. 3, Nr. 4. doi: 10.4172/2155-6202.1000e107.

Maaeluministeerium (2019). Taimekaitsevahendite säästva kasutamise tegevuskava 2019-2023 (2019). Tegevuskava. (kinnitatud maaeluministri 13 mai 2019.a käskkirjaga nr 80). <https://www.agri.ee/et/taimekaitsevahendite-saastva-kasutamise-tegevuskava-aastateks-2019-2023> (9.10.2020).

Nicolotti, G., Varese G., C. (1996). Screening of antagonistic fungi against air-borne infection by *Heterobasidion annosum* on Norway spruce. *Forest Ecology and Management*, Vol. 88, pp. 249-257. doi: 10.1016/S0378-1127(96)03844-3.

Nicolotti, G., Gonthier, Varese, P.G.C. (1999). Effectiveness of some biocontrol and chemical treatments against *Heterobasidion annosum* on Norway spruce stumps. *Forest Pathology*, Vol. 29, pp. 339-346. doi: 10.1046/j.1439-0329.1999.00159.x.

O'Brien, P.A. (2017). Biological control of plant diseases. *Australasian Plant Pathology*, Vol. 46, pp. 293–304. doi: 10.1007/s13313-017-0481-4.

Piri, T. (1996). The spreading of the S type of *Heterobasidion annosum* from Norway spruce stumps to the subsequent tree stand. *European Journal of Forest Pathology*, Vol. 26, No. 4, pp. 193–204. doi: 10.1111/j.1439-0329.1996.tb00839.x.

- Pratt, J. E., Niemi, M., & Sierota, Z. H** (2000). Comparison of Three Products Based on *Phlebiopsis gigantea* for the Control of *Heterobasidion annosum* in Europe. *Biocontrol Science and Technology*, Vol. 10, No. 4, pp. 467-477. doi: 10.1080/09583150050115052.
- Rabiey, M. Haley, L., E., Roy, S., R., Grenz, K., Al-Zadjali, M., A., S., Barrett, G., A., Jackson, R., W.** (2019). Endophytes vs tree pathogens and pests: can they be used as biological control agents to improve tree health? *European Journal of Plant Pathology*, Vol. 155, pp. 711–729. doi:10.1007/s10658-019-01814-y.
- Rishbeth, J.** (1963). Stump protection against *Fomes annosus*. III. Inoculation with *Peniophora gigantea*. *Annals of Applied Biology*. Vol. 52, No. 1, pp. 63-77. doi: 10.1111/j.1744-7348.1963.tb03728.x.
- Sturz, A. V., Christie, B. R., Nowak, J.** (2000). Bacterial endophytes: potential role in developing sustainable systems of crop production. *Critical Reviews in Plant Sciences*, Vol. 19, No. 1, pp. 1-30. doi: 0.1080/07352680091139169.
- Sun, H., Korhonen, K., Hantula, J., Kasanen, R.** (2008). Variation in properties of *Phlebiopsis gigantea* related to biocontrol against infection by *Heterobasidion spp.* in Norway spruce stumps. *Forest Pathology*, Vol. 39, No. 2, pp. 133–144. doi: 10.1111/j.1439-0329.2008.00574.x.
- Sun, H., Korhonen, K., Hantula, J., Asiegbu, F., O., Kasanen, R.** (2009). Use of a breeding approach for improving biocontrol efficacy of *Phlebiopsis gigantea* strains against *Heterobasidion* infection of Norway spruce stumps. *FEMS Microbiology Ecology*, Vol 69, No. 2, pp. 266–273. doi: 10.1111/j.1574-6941.2009.00711.x.
- Swedjemark, G., Stenlid, J.** (1993). Population dynamics of the root rot fungus *heterobasidion annosum* following thinning of *picea abies*. *Oikos*. Vol. 66, No. 2, pp. 247-254. doi:10.2307/3544811.
- Zaluma, A., Bruna, L., Klavina, D., Burnevica, N., Kenigvalde, K., Lazdins, A., Gaitinieks, T.** (2019). Growth of *Phlebiopsis gigantea* in wood of seven conifer species. *Forest Pathology*, 49:e12555, 1-10.
- Żółciak, A.** (2017). Spruce wood degradation by *pleurotus abieticola* in comparison with *phlebiopsis gigantea* and *heterobasidion parviporum*: In vitro experiments with isolates. *Biocontrol Science and Technology*. Vol 27, No. 8, pp. 952-968. doi: 10.1080/09583157.2017.1368453.

Vainio, E., J. (2008). Ecological impacts of *Phlebiopsis gigantea* biocontrol treatment against *Heterobasidion* spp. as revealed by fungal community profiling and population analyses. - *Dissertationes Forestales*. Vol. 63. Helsinki. doi: 10.14214/df.63.

Vainio, E., J., Lipponen, K., Hantula, J. (2001). Persistence of a biocontrol strain of *Phlebiopsis gigantea* in conifer stumps and its effects on within-species genetic diversity. - *Forest Pathology*, Vol. 31, No. 5. Helsinki, pp. 285–295. doi: 10.1046/j.1439-0329.2001.00249.x.

Varese, G.C., Buffa, G., Luppi, A.M., Gonthier, P., Nicolotti, G., Cellerino, G.P. (1999). Effects of biological and chemical treatments against *Heterobasidion annosum* on the microfungal communities of *Picea abies* stumps. *Mycologia*. Vol. 91, No. 5, Lawrence: The Mycological Society of America, pp. 747-755. doi: 10.1080/00275514.1999.12061080.

Varese, G.C., Gonthier, P., Nicolotti, G. (2003). Impact of biological and chemical treatments against *Heterobasidion annosum* on non-target micro-organisms. Laflamme, G., Bérubé, J.A., Bussi res, G. (eds.). Root and Butt Rot of Forest Trees - Proceedings of the 10th International Conference on Root and Butt Rots, 145-154. doi: 10.2307/3761528.

Wood, R. K. S., (1995). John Rishbeth, 10 July 1918-1 June 1991. *Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society*. Vol. 41. London: Royal Society, pp. 361-376. doi: 10.1098/rsbm.1995.0022.

Woodward, S., Stenlind, J., Karjalainen, R., H ttermann, A. (1998). *Heterobasidion annosum* Biology, Ecology, Impact and Control. Wallingford: CAB International. 589 p.

LISAD

Lisa 1. Katseala kändude diameetrid ja mädaniku esinemine

Nr.	Prooviala	EPS	Proovivõtu kuupäev	Kännu diameeter	Mädanik kännul	Puuliik	Muud märkused	Isoleeritud seened
1	CO059_2	15 590	21.11.2018	16	-	KU		<i>Phlebiopsis gigantea</i>
2	CO067_8	15 765	21.11.2018	13		KU		<i>Phlebiopsis gigantea</i>
3	CO067_8	15 764	21.11.2018	22	-	KU		<i>Peniophora incarnata</i>
4	CO067_8	15 763	21.11.2018	15	-	KU		<i>Sistotrema brinkmannii</i>
5	HO023_5	15 695	24.10.2018	13	-	KU	sinetus	<i>Phlebiopsis gigantea</i>
6	HU023_5	15 491	24.10.2018	20	-	KU		<i>Peniophora incarnata</i>
7	HU023_5	15 494	24.10.2018	14	-	KU	sinetus	<i>Sistotrema brinkmannii</i>
8	HU023_5	15 496	24.10.2018	10	-	KU		<i>Clindrobasidium evolvens</i>
9	HU037_3	15 667	24.10.2018	40	-	KU		<i>Phlebiopsis gigantea</i>
10	HU037_3	15 658	24.10.2018	14	-	KU		<i>Peniophora incarnata</i>
11	HU037_3	15 665	24.10.2018	20	-	KU		<i>Sistotrema brinkmannii</i>
12	KJ091_7	10465	16.01.2017			KU		<i>Peniophora incarnata</i>
13	KP299_4	15 731	07.11.2018	28	-	KU		<i>Peniophora incarnata</i>
14	KP299_4	15 727	07.11.2018	30	-	KU		<i>Clindrobasidium evolvens</i>
15	KP299_4	15 732	07.11.2018	24	-	KU		<i>Bjerkandera adusta</i>
16	PD063_2	15 419	23.10.2018	34	T	KU		<i>Phlebiopsis gigantea</i>
17	PD063_2	15 902	23.10.2018	18	-	KU		<i>Sistotrema brinkmannii</i>
18	PD076_17	24 677	18.06.2019		-	KU		<i>Phlebiopsis gigantea</i>
19	PD076_17	24 666	18.06.2019		-	KU		<i>Phlebiopsis gigantea</i>
20	PD076_17	24 664	18.06.2019		-	KU		<i>Phlebiopsis gigantea</i>

21	RA079_8	13949	04.01.2018	37	-	KU	<i>Phlebiopsis gigantea</i>
22	RA079_8	14171	04.01.2018	52	-	KU	<i>Phlebia radiata</i>
23	RA079_8	14351	04.01.2018	27	T	KU	<i>Phlebia</i> sp.
24	RA079_8	14279	04.01.2018	55	T+P	KU	<i>Peniophora incarnata</i>
25	RA079_8	14170	04.01.2018	44	-	KU	<i>Sistotermia brinkmannii</i>
26	RA079_8	14168	04.01.2018	58	-	KU	<i>Cylindobasidium evolvens</i>
27	RA079_8	14306	04.01.2018	37	T	KU	<i>Bjerkandera adusta</i>
28	RA079_8	10507	04.01.2018			KU	<i>Phlebia tremmelosa</i>
29	TT092_10	20947	11.11.2019		-	KU	<i>Phlebiopsis gigantea</i>
30	TT092_11	21041	12.11.2019		-	KU	<i>Phlebiopsis gigantea</i>
31	TT092_12	21042	13.11.2019		-	KU	<i>Phlebiopsis gigantea</i>
32	TT092_13	21043	14.11.2019		-	KU	<i>Phanerochaete livescens</i>
33	TT092_14	21046	15.11.2019		-	KU	<i>Phlebiopsis gigantea</i>
34	TT092_15	21031	16.11.2019		-	KU	<i>Phlebiopsis gigantea</i>
35	TT092_16	21039	17.11.2019		-	KU	<i>Phlebiopsis gigantea</i>
36	TT092_17	20949	18.11.2019		-	KU	<i>Phlebiopsis gigantea</i>
37	TT092_9	21673	03.06.2019		-	KU	<i>Phlebia tremmelosa</i>
38	TT092_9	21680	03.06.2019		-	KU	<i>Phlebia tremmelosa</i>
39	TT092_9	20948	11.11.2019		-	KU	<i>Phlebiopsis gigantea</i>
40	VS118_10	15889	20.11.2018	28	-	KU	<i>Phlebiopsis gigantea</i>
41	VS118_10	15893	20.11.2018	25	-	KU	<i>Peniophora incarnata</i>
42	VS118_10	15892	20.11.2018	30	-	KU	<i>Clindrobasidium evolvens</i>

Lisa 2. Duaalkultuuris mõõdetud tüvede kasv

	3. päev		6. päev		9.päev		
	Antagonist	Juurepess	Antagonist	Juurepess	Antagonist	Juurepess	
Phlebiopsis gigantea	8,7	3,8	36,7	14,1	43,5	11,6	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
(Tüvi 1)	10,4	1,2	41,6	2,3	54,6	1,1	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
EPS 15590	9,6	1,9	40,5	5,7	50,5	5,1	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	9,7	2,1	39,4	7,7	49,9	5,9	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)
	10,5	3,8	37,1	3,1	45,2	10,1	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	10,1	2,0	38,5	8,7	47,3	8,3	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
Phlebiopsis gigantea	5,4	4,1	30,0	17,2	40,8	14,6	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
(Tüvi 2)	4,9	0,4	32,4	3,3	46,8	8,4	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
EPS 15667	3,7	2,2	25,2	13,2	41,5	14,2	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	4,7	2,5	32,8	9,3	46,7	8,8	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)
	4,9	3,4	30,7	15,4	42,3	13,1	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	5,5	1,6	32,1	6,7	47,8	7,3	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
Peniophora incarnata	3,4	3,7	14,4	21,9	22,7	32,6	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
(Tüvi 1)	3,7	0,6	15,9	3,5	32,2	13,9	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
EPS 15893	3,4	3,5	15,3	17,5	23,1	29,1	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	3,6	2,8	15,8	17,9	26,7	27,9	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)

	3,7	5,1	15,3	25,2	24,5	32,1	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	3,4	1,5	15,2	13,7	27,0	28,0	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
Phlebiopsis gigantea	6,3	3,9	30,8	16,3	39,7	15,2	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
(Tüvi 3)	6,4	0,5	35,0	3,0	55,0	6,3	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
EPS 15419	6,8	2,5	29,4	11,5	44,8	11,0	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	6,4	3,0	32,4	9,1	44,6	10,4	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)
	7,2	4,8	30,6	15,5	41,2	14,2	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	6,2	2,0	32,1	8,6	46,8	8,4	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
Peniophora incarnata	2,7	2,9	12,0	12,5	21,6	32,2	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
(Tüvi 2)	3,3	0,9	13,0	11,3	25,0	26,3	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
EPS 15491	3,2	2,1	12,2	14,1	23,4	26,5	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	3,2	2,1	12,7	16,3	23,3	30,7	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)
	2,6	2,5	11,0	19,7	21,2	33,5	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	3,3	1,5	12,3	11,6	24,3	27,9	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
Phlebiopsis gigantea	7,3	2,5	31,2	11,1	44,0	11,3	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
(Tüvi 4)	7,9	0,6	36,2	1,5	55,4	1,5	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
EPS 13949	7,9	2,6	32,9	9,1	47,1	8,5	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	6,9	1,8	30,2	7,6	47,2	8,7	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)

	8,4	3,9	31,9	12,3	43,2	12,0	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	6,3	1,5	30,4	4,9	47,9	7,2	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
<i>Peniophora incarnata</i>	3,4	4,5	13,4	26,3	22,1	33,2	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
(Tüvi 3)	3,2	0,8	14,2	6,3	27,7	20,0	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
EPS 14279	3,3	2,6	12,9	13,9	25,9	24,8	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	3,7	2,5	14,1	14,8	25,8	27,1	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)
	3,4	4,8	13,0	23,5	24,2	31,4	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	2,9	1,4	13,3	13,2	26,0	27,8	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
<i>Peniophora incarnata</i>	3,6	1,7	15,7	14,5	28,9	25,0	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
(Tüvi 4)	4,1	0,8	17,8	5,8	32,2	17,6	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
EPS 15731	3,4	3,3	16,1	15,0	29,3	22,8	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	3,7	2,1	15,5	15,0	27,4	26,6	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)
	4,2	3,6	16,1	19,3	27,2	28,0	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	3,7	1,3	16,0	10,9	28,9	24,0	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
<i>Phlebia acerina/rufa</i>	7,5	3,6	30,5	17,4	30,4	21,3	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
EPS 14351	7,1	1,0	34,1	8,8	40,1	15,6	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
	8,0	3,6	30,2	14,4	34,5	21,3	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	8,1	2,7	35,1	12,6	40,6	14,3	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)

	6,9	4,1	31,4	18,1	34,7	21,1	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	6,5	1,8	35,6	11,3	39,7	15,7	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
<i>Peniophora incarnata</i>	4,0	4,4	27,3	15,2	21,6	34,5	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
(Tüvi 5)	3,1	1,8	15,1	21,8	22,0	32,4	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
EPS 15764	3,2	1,7	15,7	13,5	24,3	26,7	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	3,3	4,6	14,3	25,5	21,2	34,8	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)
	3,9	5,1	14,6	29,1	19,0	36,0	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	3,1	1,7	15,3	14,7	25,8	28,5	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
<i>Phlebiopsis gigantea</i>	2,9	3,6	26,0	22,8	34,8	20,8	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
(Tüvi 5)	4,1	1,6	24,5	15,1	38,8	17,0	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
EPS 15889	2,9	1,3	25,3	11,2	42,6	12,6	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	3,8	3,9	25,2	20,9	36,6	18,9	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)
	2,7	5,7	22,4	24,5	33,3	22,4	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	2,7	2,0	25,6	15,8	40,1	15,9	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
<i>Phlebiopsis gigantea</i>	4,4	2,5	25,7	15,0	40,8	15,0	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
(Tüvi 6)	4,5	2,0	28,3	14,0	41,8	14,1	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
EPS 15695	5,3	1,3	30,5	8,3	49,3	6,6	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	5,4	3,4	30,5	16,1	42,3	13,5	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)

	4,6	4,2	24,5	18,5	37,3	18,5	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	2,6	1,8	24,6	9,8	44,5	11,1	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
Peniophora incarnata	2,9	3,8	12,0	23,4	21,1	33,2	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
(Tüvi 6)	3,1	1,6	9,8	23,6	21,4	32,8	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
EPS 10465	2,5	1,9	12,1	16,5	21,5	28,5	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	3,7	4,7	9,9	22,8	20,9	33,0	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)
	4,1	6,0	9,9	27,7	20,0	35,2	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	3,2	2,3	10,3	8,1	22,9	30,6	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
Phlebiopsis gigantea	2,1	2,9	24,1	19,6	35,3	20,4	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
(Tüvi 7)	2,1	1,5	26,6	18,3	37,3	18,3	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
EPS 15765	2,1	2,0	25,1	14,4	41,4	14,6	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	2,4	3,5	24,4	19,4	35,8	20,1	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)
	2,0	3,7	23,2	24,5	32,4	23,6	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	2,2	1,5	29,6	5,9	47,5	8,3	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
Peniophora incarnata	1,5	2,0	14,6	24,2	22,0	33,2	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
(Tüvi 7)	1,0	2,0	14,6	20,1	18,7	36,6	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
EPS 15658	1,4	1,5	14,2	17,7	24,2	26,0	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	1,1	3,1	15,0	24,4	19,8	34,1	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)

	0,9	3,6	14,8	28,6	19,4	36,1	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	0,7	1,3	15,1	17,8	24,5	23,8	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
<i>Phlebiopsis radiata</i>	4,6	3,1	26,8	19,9	31,1	24,5	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
EPS 14171	4,0	1,1	30,1	8,3	39,3	16,2	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
	4,6	2,5	27,8	16,4	32,6	22,3	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	4,9	5,1	25,5	23,9	29,3	19,6	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)
	4,2	5,0	24,0	24,6	28,4	27,4	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	4,5	1,8	29,8	11,3	37,4	18,2	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
<i>Bjerkandera adusta</i>	0,0	3,6	22,1	25,3	26,7	26,0	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
(Tüvi 1)	0,0	1,5	25,0	14,7	34,0	21,5	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
EPS 14306	0,0	2,1	12,4	15,0	24,3	29,1	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	0,8	5,2	25,1	24,7	28,2	27,5	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)
	0,0	5,9	0,0	31,8	0,0	55,3	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	1,0	2,4	28,2	15,7	35,9	20,0	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
<i>Phlebiopsis tremellosa</i>	3,9	3,4	20,4	21,5	29,2	18,1	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
(Tüvi 1)	4,0	1,7	22,5	14,1	35,4	20,0	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
EPS 10507	3,7	1,4	21,8	6,7	39,0	12,5	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	3,8	4,2	21,2	22,6	28,6	25,9	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)

	3,9	5,2	18,5	23,7	26,2	28,6	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	3,8	1,4	24,8	7,4	39,0	13,3	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
Rotstop	2,8	1,8	21,8	16,5	32,6	22,5	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
	2,9	2,1	22,8	17,7	32,5	23,5	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
	2,8	1,1	24,3	15,6	36,8	18,4	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	2,9	3,2	23,4	19,6	33,9	21,6	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)
	2,8	3,8	17,2	20,2	29,6	25,8	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	3,6	1,3	29,6	6,6	43,8	11,1	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
Sistotermia brinkmannii	0,0	4,2	0,0	29,6	0,0	50,1	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
(Tüvi 1)	0,0	2,7	0,0	25,6	0,0	47,8	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
EPS 14170	0,0	1,6	0,0	11,5	0,0	24,4	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	0,0	5,1	0,0	34,5	0,0	53,0	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)
	0,0	4,9	0,0	34,7	0,0	53,0	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	0,0	2,3	0,0	16,4	0,0	39,0	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
Cylindrobasidium evolvens	4,3	0,0	30,8	19,5	35,6	10,6	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
(Tüvi 1)	4,9	0,3	33,8	18,8	35,9	12,9	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
EPS 15892	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)

	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	5,4	0,8	37,1	9,3	34,5	15,2	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
<i>Cylindrobasidium evolvens</i>	0,0	4,7	1,7	25,4	4,7	36,3	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
(Tüvi 2)	0,0	4,4	1,5	25,5	4,1	40,5	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
EPS 15727	0,0	2,8	8,5	17,8	16,3	28,3	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	0,0	5,3	2,5	28,0	5,5	40,7	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)
	0,0	7,0	3,7	32,0	12,7	41,1	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	0,0	2,9	3,7	19,8	10,4	33,0	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
<i>Cylindrobasidium evolvens</i>	6,5	0,0	33,6	2,7	46,8	6,6	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
(Tüvi 3)	6,2	0,0	33,1	3,2	47,5	7,1	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
EPS 15496	6,7	1,0	30,4	9,3	38,8	17,0	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	7,6	1,3	34,9	9,8	39,7	15,0	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)
	5,6	3,4	24,6	21,6	29,5	26,2	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	8,0	3,5	27,1	20,5	32,4	23,8	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
<i>Cylindrobasidium evolvens</i>	9,2	4,9	33,8	19,5	33,5	21,9	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
(Tüvi 4)	12,1	4,3	30,8	18,8	35,4	20,6	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
EPS 14168	10,3	2,4	36,0	14,7	40,4	15,2	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	12,2	3,7	33,4	20,3	35,0	20,8	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)

	11,0	5,6	31,4	21,0	34,1	21,7	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	10,4	1,6	37,1	9,3	43,2	12,3	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
Sistoterma brinkmannii	0,5	0,0	7,1	0,6	21,4	4,9	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
(Tüvi 2)	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
EPS 15763	0,4	0,0	6,3	2,2	19,8	8,0	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	0,4	1,0	6,5	10,8	18,4	22,7	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)
	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	0,3	0,1	5,7	2,9	19,0	9,5	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
Bjerkandera adusta	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
(Tüvi 2)	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
EPS 15732	2,9	0,0	41,6	0,9	53,4	2,5	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)
	3,5	1,3	35,0	12,2	42,7	13,4	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	3,4	0,4	39,2	2,4	55,1	1,3	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
Sistoterma brinkmannii	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
(Tüvi 3)	1,9	0,5	8,4	12,0	17,9	24,8	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
EPS 15902	2,0	0,2	9,5	4,4	17,9	16,0	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)

	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	1,7	0,5	8,3	9,6	18,1	20,8	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
Sistoterma brinkmannii	1,2	0,0	7,0	0,6	25,6	4,7	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
(Tüvi 4)	0,6	0,0	7,0	0,8	21,9	5,2	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
EPS 15494	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	1,3	1,9	10,3	15,5	21,3	26,7	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)
	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
Sistoterma brinkmannii	0,8	0	4,8	0,17	15,96666667	3,666666667	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
(Tüvi 5)	0,5	0	3,93	0,93	13,8	7,1	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
EPS 15665	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	Saaste	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	0,9	1,5	5,4	15,1	15,4	28,8	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)
	0,6	1,0	5,4	13,9	13,6	30,1	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	0,7	0,5	5,2	5,1	16,5	14,2	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
<i>Phlebiopsis gigantea</i>	4,1	1,0	5,6	9,5	11,1	16,5	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
(Tüvi 8)	4,5	1,8	9,2	8,5	12,4	11,8	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
EPS 20947	3,5	3,7	8,3	14,7	13,6	24,8	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	5,0	2,0	12,2	14,4	24,4	22,2	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)

	3,6	4,3	7,7	19,4	8,3	22,3	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	5,2	3,5	16,9	16,5	28,2	29,2	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
<i>Phanerochaete livescens</i>	1,8	5,0	3,6	24,1	4,5	24,1	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
EPS 21043	5,1	1,4	7,8	9,2	11,7	27,0	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
	2,8	4,9	24,4	23,6	24,4	23,6	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	2,1	6,5	4,7	28,4	5,1	28,4	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)
	1,7	5,1	26,1	27,6	0,0	27,6	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	2,5	4,7	4,4	25,1	7,3	43,3	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
<i>Phlebiopsis gigantea</i>	3,4	3,0	20,0	20,0	20,0	31,6	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
(Tüvi 9)	2,7	1,1	24,5	11,9	41,6	19,2	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
EPS 21046	2,3	3,0	22,1	25,5	33,2	28,6	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	3,0	1,6	19,0	20,0	36,0	20,0	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)
	3,0	1,8	23,5	15,5	39,7	15,5	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	2,3	1,5	16,6	13,7	33,5	25,2	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
<i>Phlebiopsis gigantea</i>	0,9	0,7	31,2	19,8	43,4	19,8	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
(Tüvi 10)	1,7	1,1	24,8	14,4	42,0	14,4	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
EPS 20949	8,8	2,3	34,2	17,0	46,6	17,0	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	5,6	2,9	22,8	18,7	37,7	18,7	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)

	6,9	3,0	31,4	18,3	46,6	18,3	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	6,3	4,2	29,7	20,8	42,0	20,8	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
<i>Phlebiopsis gigantea</i>	6,7	3,2	18,3	15,6	23,5	24,0	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
(Tüvi 11)	5,7	1,1	6,8	16,8	31,4	16,3	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
EPS 21039	5,1	2,0	17,6	13,7	30,7	21,6	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	4,4	2,7	9,6	9,1	9,6	9,1	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)
	6,5	3,5	26,0	16,7	34,8	26,0	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	7,1	2,6	24,7	7,1	37,0	10,6	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
<i>Phlebia tremellosa</i>	9,1	6,1	30,6	20,8	41,8	20,8	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
(Tüvi 2)	9,7	2,8	33,7	13,7	44,5	13,7	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
EPS 21673	10,2	4,6	36,6	17,4	49,8	17,4	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	9,6	4,4	30,2	18,1	38,0	18,1	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)
	10,1	2,4	36,3	14,4	50,7	14,4	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	10,2	3,9	32,6	17,6	44,6	17,6	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
<i>Phlebiopsis gigantea</i>	3,3	5,1	24,6	21,5	39,7	21,5	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
(Tüvi 12)	2,6	1,1	22,8	9,5	43,0	9,5	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
EPS 24666	3,8	3,5	25,3	23,2	39,1	23,2	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	3,2	2,6	20,5	19,2	36,2	19,2	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)

	2,1	2,1	20,7	16,9	37,1	16,9	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	3,1	3,5	25,3	18,7	39,1	18,7	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
<i>Phlebiopsis gigantea</i>	1,8	5,3	22,0	24,1	31,4	24,1	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
(Tüvi 13)	0,8	0,8	17,8	11,0	39,4	11,0	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
EPS 20948	1,6	3,9	20,3	24,7	30,9	24,7	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	2,5	2,5	18,3	23,0	27,2	23,0	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)
	1,2	1,5	15,3	18,2	29,9	18,2	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	1,0	2,2	12,0	16,1	29,4	16,1	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
<i>Phlebiopsis gigantea</i>	1,7	6,2	3,6	28,7	4,9	48,3	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
(Tüvi 14)	1,6	1,6	3,2	15,0	4,8	38,3	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
EPS 21041	1,0	3,6	3,2	29,1	4,4	43,4	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	1,5	4,1	3,1	26,0	5,5	49,2	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)
	10,3	3,0	18,4	20,7	20,9	35,5	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	2,1	2,1	3,0	14,0	5,5	41,3	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
<i>Phlebiopsis gigantea</i>	5,5	6,3	27,2	16,9	37,1	21,0	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
(Tüvi 15)	5,2	1,3	18,2	17,2	26,9	23,3	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
EPS 21031	8,0	4,6	21,2	22,6	28,7	31,5	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	5,4	3,9	17,9	20,5	26,4	30,9	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)

	6,1	2,3	18,9	14,3	30,4	27,9	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	6,3	3,0	13,3	12,8	19,1	16,9	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
<i>Phlebiopsis gigantea</i>	4,5	3,8	26,0	22,6	34,5	22,6	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
(Tüvi 16)	3,0	2,0	29,8	13,9	44,4	13,9	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
EPS 21042	2,1	2,1	21,9	20,2	33,6	20,2	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	2,8	2,0	27,5	14,0	44,5	14,0	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)
	3,4	2,4	25,9	45,9	43,7	45,9	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	3,0	3,6	24,3	18,4	36,8	18,4	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
<i>Phlebiopsis gigantea</i>	4,5	3,5	28,4	20,2	40,0	20,2	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
(Tüvi 17)	2,6	3,4	23,7	9,0	44,4	9,0	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
EPS 24677	3,4	2,8	27,1	20,6	38,0	20,6	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	5,7	2,3	28,8	15,3	43,1	15,3	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)
	4,1	1,4	27,8	14,4	41,5	14,4	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	4,4	2,7	28,8	18,3	40,0	18,3	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
<i>Phlebia tremellosa</i>	1,5	5,6	13,6	26,1	23,4	37,0	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
(Tüvi 3)	2,2	1,1	15,6	10,9	31,5	27,2	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
EPS 21680	1,0	3,0	15,0	24,0	25,4	36,4	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	0,6	3,2	10,2	22,8	23,9	33,9	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)

	0,4	1,2	6,1	14,6	47,0	37,0	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	0,8	2,8	12,3	20,9	25,6	34,1	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)
<i>Phlebiopsis gigantea</i>	3,8	3,8	29,4	20,8	38,6	20,8	<i>H. annosum</i> (Tüvi 1)
(Tüvi 18)	3,4	1,6	28,5	15,9	39,3	15,9	<i>H. annosum</i> (Tüvi 2)
EPS 24664	5,9	3,9	27,2	22,9	39,2	22,9	<i>H. annosum</i> (Tüvi 3)
	4,5	2,0	29,5	17,1	41,6	17,1	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 1)
	3,7	1,5	26,3	16,5	40,0	16,5	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 2)
	5,6	2,5	29,4	17,1	40,5	17,1	<i>H. parviporum</i> (Tüvi 3)

Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Viljar Veeväli,
sünniaeg 12.06.1995,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö Potentsiaalsete antagonistlike seente testimine juurepessu (*Heterobasidion* spp.) tõrjel, mille juhendajad on Tiia Drenkhan *PhD* ja Rein Drenkhan *PhD*,

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor _____

(allkiri)

Tartu, 31.05.2021

Juhendajate kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)